

Contribution à l'étude des groupes sanguins des animaux domestiques

Application chez les bovins à l'identification,
au contrôle des filiations
et à la distinction des jumeaux

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

et soutenue publiquement le 29 Avril 1964

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

PAR

Roland AMOURELLE

Né le 6 Janvier 1933, à PARIS (Seine)



LYON

Imprimerie BOSC Frères
42, quai Gailleton, 42

1964

CONTRIBUTION
A L'ETUDE DES GROUPES SANGUINS
DES ANIMAUX DOMESTIQUES
APPLICATION CHEZ LES BOVINS
A L'IDENTIFICATION
AU CONTROLE DES FILIATIONS
ET A LA DISTINCTION DES JUMENTS



Digitized by the Internet Archive
in 2026

Contribution à l'étude des groupes sanguins des animaux domestiques

Application chez les bovins à l'identification,
au contrôle des filiations
et à la distinction des jumeaux

THÈSE

PRÉSENTÉE

A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON

et soutenue publiquement le 29 Avril 1964

POUR OBTENIR LE GRADE DE DOCTEUR VÉTÉRINAIRE

PAR

Roland AMOURELLE

Né le 6 Janvier 1933, à PARIS (Seine)



LYON

Imprimerie BOSC Frères
42, quai Gailleton, 42

—
1964

PERSONNEL ENSEIGNANT DE L'ECOLE NATIONALE VETERINAIRE DE LYON

Directeur	M. FLORIO
Directeur honoraire	M. JUNG
Directeur honoraire	M. TAPERNOUX
Professeur honoraire	M. CUNY

PROFESSEURS

14 chaires

Pharmacie et Toxicologie	MM. TAPERNOUX
Anatomie descriptive, Extérieur, Anatomie appliquée	BARONE
Physiologie, Thérapeutique, Pharmacodynamie	BOST
Histologie, Embryologie, Anatomie pathologique	LUCAM
Hygiène et industrie des aliments d'origine animale	FLACHAT
Zoologie appliquée, Parasitologie externe, Parasitologie interne ..	EUZEBY
Pathologie médicale des équidés et des carnivores. Législation vétérinaire	FLORIO
Pathologie médicale du bétail et des animaux de basse-cour	COTTEREAU
Technique chirurgicale, Pathologie chirurgicale	COLLET
Obstétrique, Pathologie de la Reproduction	BERTRAND
Microbiologie, Immunologie, Maladies contagieuses, Police sani- taire	JOUBERT
Ethnologie, Hygiène, Zootechnie, Economie rurale	FROGET
Botanique appliquée, Agronomie, Alimentation	JEAN-BLAIN
Physique et Chimie biologiques et médicales	MAGAT

CHEFS DE TRAVAUX

MM. FERNEY, RUCKEBUSCH, Agrégés.

MM. BUSSIERAS, LAPRAS, LE NIHOUANNEN, OUDAR, VAN HAVERBEKE,
JEAN-BLAIN Claude, CHANTEGRELET.

ASSISTANTS

MM. BLAVIGNAC, PROY, VERINE

EXAMINATEURS DE LA THESE

Président : Monsieur le Professeur BERTOYE, de la Faculté de Médecine.

Premier Assesseur : Monsieur le Professeur COTTEREAU, de l'Ecole Vétérinaire.

Deuxième Assesseur : Monsieur le Professeur FLORIO, de l'Ecole Vétérinaire.

La Faculté de Médecine et l'Ecole Vétérinaire déclarent que les opinions émises dans
ces dissertations qui leur sont présentées doivent être considérées comme propres à leurs auteurs
et qu'elles n'entendent leur donner ni approbation, ni improbation.

A MA FEMME

Avec mon amour.

A OLIVIER ET VIRGINIE



A MA FAMILLE

A TOUS MES AMIS

A MONSIEUR LE PROFESSEUR BERTOYE
de la Faculté de Médecine de Lyon

Qui nous fait le grand honneur
d'accepter la présidence du Jury de
notre thèse.

Hommages respectueux.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR COTTEREAU
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

Qui nous a inspiré le sujet de cette
thèse.

En témoignage de vive gratitude
et de profonde reconnaissance pour
l'enseignement si vivant qu'il nous a
dispensé au cours de nos études.

A MONSIEUR LE PROFESSEUR FLORIO
de l'Ecole Nationale Vétérinaire de Lyon

Qui a bien voulu accepter de juger
notre travail.

Témoignage de respectueuse grati-
tude.

A TOUS NOS MAITRES DE L'ECOLE DE LYON

A MONSIEUR LE DOCTEUR PIERRE MILLOT

Vétérinaire

Chef de Laboratoire à l'Institut Pasteur

Directeur du Laboratoire des groupes sanguins des bovidés

Pour la bienveillance avec laquelle
il nous a accueilli dans son labora-
toire, pour ses judicieux conseils dans
l'élaboration de notre travail.

Qu'il accepte ici l'expression de nos
remerciements, de notre gratitude et
de notre profond respect.

INTRODUCTION

Les recherches sur les groupes sanguins chez l'homme furent d'abord orientées sur la transfusion sanguine qui est elle-même à l'origine de la découverte des groupes. Elles prirent une importance médicale accrue lorsqu'on découvrit que la maladie hémolytique du nouveau-né résultait d'une immunisation transplacentaire de la mère. Au contraire, chez l'animal, les groupes sanguins ont une importance beaucoup moins grande pour les transfusions, elles-mêmes assez peu pratiquées, et la maladie hémolytique n'est observée que dans de rares espèces (équidés et porcins). Cependant, les groupes sanguins ont fait l'objet d'études génétiques récentes très poussées. Dans certaines espèces domestiques et notamment chez les bovins, il est des applications telles que le contrôle des filiations ou la distinction des jumeaux qui sont entrées dans la pratique courante. Des laboratoires spécialisés font tous les jours dans le monde entier des examens dont la précision dépasse de beaucoup celle qui est obtenue chez l'homme dans les épreuves similaires et notamment en médecine légale. Or, d'une part nous avons constaté qu'il n'existe guère sur le sujet de publication vétérinaire en langue française ; d'autre part, nous avons été frappés par la précision des résultats de contrôles de filiations donnés par le Laboratoire Français des Groupes Sanguins des Bovidés (1). Nous avons pensé qu'il ne serait peut-être pas inutile de faire le point de cette importante

(1) Ce laboratoire a été créé en juin 1956 par P. Millot, au Centre National de Recherches Zootechniques de Jouy-en-Josas, grâce à la participation scientifique de l'Institut Pasteur de Paris. Il est rattaché, au C.N.R.Z., à la Station Centrale de Physiologie Animale dirigée par C. Thibault.

question et de présenter à cette occasion, à l'intention du vétérinaire praticien, quelques exemples vécus d'application des groupes sanguins bovins illustrant les possibilités remarquables offertes à l'élevage par les techniques actuelles de détermination. Nous espérons que ce modeste travail, réalisé sur les conseils de notre Maître, le Professeur P. Cottreau, et grâce à l'aide éclairée du Docteur Vétérinaire P. Millot, Directeur du Laboratoire de Jouy-en-Josas, contribuera à faire mieux connaître les groupes sanguins des animaux et leurs applications vétérinaires.

HISTORIQUE

Les groupes sanguins chez l'homme et les mammifères domestiques.

Déjà Landois, en 1875, puis Bordet, en 1898, qui fut le véritable créateur de la sérologie moderne, montraient qu'il existait des incompatibilités de sang, le sérum d'un animal d'une espèce déterminée agglutinant ou hémolysant en général les globules rouges des animaux des autres espèces. Ces incompatibilités sont à l'origine de la notion de groupe sanguin.

Mais cette découverte d'une réaction sérologique entre les espèces fut suivie de celle d'une réaction sérologique entre individus de même espèce (Landsteiner), d'où le groupe sanguin proprement dit. Ainsi, chez l'homme, les hématies de certains sujets sont agglutinées par le sérum d'autres sujets. Par analogie avec l'agglutination bactérienne, on a pensé que l'iso-agglutination des hématies humaines devait révéler la présence sur les globules rouges d'antigènes spécifiques pouvant varier d'un individu à l'autre : on découvrit deux anticorps différents pouvant exister à l'état naturel dans le sérum, ces anticorps α et β agglutinant deux antigènes A et B correspondants qui se trouvent sur les globules rouges d'autres individus. Ce phénomène d'iso-agglutination naturelle, découvert par Landsteiner en 1900, établit nettement l'existence de différences sanguines individuelles et est à la base de la classification des humains en quatre groupes sanguins :

1° A β (agglutinogène A sur les globules rouges et agglutinine β dans le sérum),

2° B α (agglutinogène B sur les globules et agglutinine α dans le sérum) ;

3° O $\alpha\beta$ (sans agglutinogène, mais deux agglutinines sériques) ;

4° ABo (deux agglutinogènes sans agglutinines).

C'est von Dungern et Hirszfeld qui établirent cette nomenclature qui fut universellement adoptée en 1929 et selon laquelle tous les sangs humains appartiennent obligatoirement à l'un des quatre groupes cités.

Dès 1911, les mêmes auteurs découvraient les sous-groupes A₁ et A₂. En 1924, Bernstein établissait définitivement la transmission génétique des antigènes A et B, les gènes contrôlant ces antigènes formant une série allélique avec un gène récessif, la présence d'un antigène dominant par conséquent l'absence. En 1927, Landsteiner et Levine reconnaissaient deux autres systèmes de groupe chez l'homme, MN et P, par immunisation du lapin.

Un nouveau progrès fut réalisé lorsque Landsteiner et Wiener découvrirent, en 1940, le facteur Rhésus dont la connaissance devait permettre d'expliquer la maladie hémolytique du nouveau-né et certains accidents de transfusion demeurés jusqu'alors mystérieux. Ce système nouveau de groupes sanguins, sans anticorps naturels correspondants, comprend plusieurs antigènes décelés par immunisation et dont la transmission héréditaire est complexe. 6 antigènes sont répartis en 3 paires, C,c, D,d, E,e, toute personne possédant une association de 2 antigènes de chaque paire (CC ou Cc ou cc, et de même pour D et E). Mais il n'y a pas indépendance entre les paires et les 6 antigènes seraient contrôlés par 6 gènes à 3 locus étroitement liés. Il en résulte que les antigènes dépendant d'un même chromosome sont liés chez un sujet donné et transmis ensemble à sa descendance. On observe dans les populations humaines les combinaisons chromosomiques suivantes énumérées en ordre de fréquence décroissante, la première

étant commune et la dernière exceptionnellement rare : CDe, cde, cDE, cDe, cdE, Cde, CDE, CdE.

Deux de ces associations correspondant aux deux chromosomes définissent chez l'homme le groupe Rh. On voit que le groupe sanguin Rh ne dépend plus d'un antigène unique, mais est défini par la présence simultanée de plusieurs antigènes.

La recherche systématique d'antigènes globulaires à l'aide de sérums spécifiques, comme la pratique de transfusions répétées ont fait peu à peu découvrir d'autres systèmes de groupes sanguins caractérisés par des antigènes globulaires variés et d'intérêt pratique très différent.

Au système MN, dont les antigènes sont connus depuis 1927, il faut ajouter l'antigène S, découvert en 1947, et l'antigène s, découvert en 1957. Ces quatre antigènes font partie d'un même système génétique aussi complexe, semble-t-il, que le système Rh, de nombreuses données restant encore incertaines. A l'antigène P, découvert, comme M et N, en 1927 par Landsteiner et Levine, il faut ajouter l'antigène Tja du même système. Le système Kell-Cellano est représenté par l'antigène Kell, découvert, en 1946, par Coombs et collab., susceptible de provoquer des accidents graves de transfusion, et l'antigène Cellano, découvert, en 1949, par Levine et collab. ; ceux-ci peuvent tous deux exister séparément ou être associés chez un même individu.

Le système Lutheran avec la découverte d'anticorps anti-Lua, en 1945, par Callender et Race, et anti-Lub, en 1956, permet de diviser les sujets en Lutheran positif et Lutheran négatif.

Il faut encore citer : le système Lewis qui comprend les antigènes Lea et Leb (Mourant et Andresen, 1946-1948), en relation génétique avec le système ABO ; le système Kidd avec les antigènes Jka et Jkb, découvert, en 1951-1953, par Allen et collab. ; le système Duffy avec les antigènes Fya et Fyb qui peuvent exister isolément ou être associés sur les globules rouges d'un même individu (Cutbush et collab., 1950).

D'autres antigènes ont été mis en évidence ; parmi ceux-ci, l'antigène Jobbins, décrit par Gilbey, en 1947 ; l'antigène Gr, découvert, en 1946, par Graydon ; l'antigène Levay, individualisé par Callender et Race, en 1946 ; l'antigène Diego, découvert par Levine, Layrisse et collab., en 1955, intéressant pour les études d'anthropologie, etc... Tous les antigènes connus se répartissent actuellement en une dizaine de systèmes génétiques.

Il est certain que, comme Landsteiner l'a prévu, d'autres facteurs de groupes sanguins seront découverts, rendant plus apparente encore l'individualité du sang. De ce point de vue, les recherches faites sur les groupes sanguins des animaux sont d'un grand intérêt. D'ailleurs, dès le début de leurs recherches, Landsteiner et ses collaborateurs estimaient qu'il y aurait avantage à étudier les groupes sanguins dans les diverses espèces animales. Beaucoup d'autres auteurs eurent la même pensée. En France, Panisset et Verge à l'Ecole d'Alfort, Dujarric de la Rivière et Kossovitch à l'Institut Pasteur, en liaison avec Bourdelle et Rode au Museum, furent parmi les pionniers, consacrant une partie importante de leur temps à la recherche de groupes sanguins chez les animaux. Ils eurent le mérite de prévoir l'importance à venir de cette branche de recherches.

Ces premiers auteurs observèrent dans la plupart des espèces animales des phénomènes d'agglutination et d'hémolyse analogues à ceux que l'on connaît chez l'homme, mais beaucoup plus faibles. Cependant, bien que presque tous les anticorps naturels soient de faible titre, des groupes sanguins purent être mis en évidence chez le cheval à l'aide d'iso-agglutinines naturelles.

Klein, en 1902, Weszecky, en 1920, puis Panisset et Verge, en 1922, constatèrent l'existence de réactions d'iso-agglutination chez certains chevaux. Hirszfeld et Presmycky, en 1923, Semmler, en 1927, conclurent à l'existence de trois groupes sanguins, A, B, O. Dujarric de la Rivière

et Kossovitch, en 1927, observèrent quatre groupes sanguins, A, B, AB, O, fondés sur la présence ou l'absence dans le sang de deux antigènes, A et B.

Depuis, un grand nombre de chercheurs ont également essayé de classer les chevaux en quatre groupes sanguins comparables à ceux de l'homme : tous trouvèrent un certain nombre d'exceptions qui ne pouvaient être classées dans aucun de ces quatre groupes. En 1934, Buscher trouva, en plus des quatre groupes connus, $A\beta$, $B\alpha$, AB, $O\alpha\beta$, un cinquième groupe $AB\alpha\beta$.

Schermer, en 1934, tout en classant les chevaux en 4 groupes, chercha à expliquer les exceptions en admettant l'existence de sous-groupes et de combinaisons anormales. Puis il décrivit la même année, à New-York, 6 paires d'agglutinogènes et d'agglutinines et montra qu'il est exceptionnel de trouver 2 chevaux de structure sanguine identique. Egalement, en 1934, Hofe retrouva les 6 propriétés érythrocytaires de Schermer. Plus récemment, Chary, en 1950, classa les chevaux par iso-agglutination en cinq types.

Toutes les études précédentes sur les groupes sanguins des chevaux étaient rendues difficiles à cause du faible titre des iso-agglutinines naturelles. Mais Lehnert, préparant par immunisation des iso-sérums de titre élevé, devait constater que les iso-agglutinines et hémolysines ont la même spécificité antigénique. Confirmant la présence de deux antigènes principaux, A et B, correspondant à deux agglutinines naturelles, anti-A et anti-B, l'auteur met en évidence différents sous-groupes permettant de répartir les chevaux en sept groupes sanguins.

Le désaccord entre les différents résultats touchant les groupes sanguins des chevaux d'une part, les problèmes de la maladie hémolytique du mulet et du poulain d'autre part, incitent, en 1952, Mme Podliachouk et Eyquem à reprendre ces travaux sous la haute direction de Dujarric de la Rivière.

En partant de sérums naturels de mulets, d'ânes ou de chevaux, absorbés à l'aide de globules rouges de différents

équidés, Mme Podliachouk a individualisé 11 agglutinogènes érythrocytaires pouvant tous être mis en évidence chez le mulet, seuls ou associés sur les globules rouges d'un même animal. Dix de ces antigènes sont propres au cheval, l'antigène B n'étant trouvé que chez l'âne. Chacune des deux espèces est donc caractérisée par des antigènes érythrocytaires qui lui sont particuliers. Les iso-agglutinines naturelles n'existent que chez 15 à 30 % des chevaux, soit isolément, soit en association. Fait intéressant, on trouve dans le sérum des chevaux l'agglutinine antifacteur asin B et, dans le sérum d'âne, les agglutinines correspondantes aux facteurs globulaires équins (anti-A, anti-B, etc...). Mme Podliachouk remarque un rapport inversement proportionnel entre la fréquence des antigènes et la fréquence des iso-agglutinines chez le cheval et le mulet. Une étude génétique de différentes familles de chevaux, ânes, juments mulassières et mulets et une étude statistique montrent que la plupart des antigènes sont transmis indépendamment par un couple d'allèles avec dominance de la présence sur l'absence. Ils appartiennent donc à des systèmes génétiques différents.

Dans la plupart des autres espèces animales et notamment chez les ruminants, les anticorps naturels ne permettent pas d'établir des groupes sanguins, car, d'une part, le titre de ces anticorps est trop faible, d'autre part, les antigènes n'ont pas tous la même valeur, la même affinité pour l'anticorps. Certains antigènes correspondant à un même anticorps apparaissent plus forts que d'autres. L'immunisation est donc une nécessité. Il peut s'agir d'hétéro-immunisation d'un animal d'une espèce par le sang d'une autre espèce ou d'iso-immunisation par injections croisées entre animaux d'une même espèce, cette dernière étant la plus apte à mettre en évidence des groupes. Les techniques d'immunisation et surtout d'iso-immunisation pratiquées systématiquement depuis vingt-cinq ans ont permis de

mettre en évidence des groupes sanguins chez un grand nombre de vertébrés allant des mammifères aux batraciens et poissons, en passant par les oiseaux (galliformes, colom-bidés). Pour ne citer qu'un exemple, les travaux récents de Ridgway, de Sanders et Wright (aux U. S. A., en 1961) mettent en évidence par immunisation du lapin des systèmes de groupes sanguins chez les truites brunes ou arc-en-ciel, ces systèmes étant d'un grand intérêt pour l'étude de la génétique des populations ou des migrations de ces poissons. Les espèces étudiées au moyen d'immunsérums étant très nombreuses, nous nous limitons au porc et aux ruminants dont l'importance économique est la plus grande.

Chez les porcins, Szymanowsky et Wachler, en 1926-1927, distinguent trois groupes sanguins et établissent une similitude sérologique entre l'antigène A du porc et l'antigène A de l'homme. Kaempfer, en 1932, montre que l'hérédité de l'antigène A suit la loi de Mendel. En 1954, Szent-Ivanyi et Szabo découvrent les antigènes B, C, D du porc. Toutefois, la recherche de groupes sanguins chez les porcins ne s'est développée que ces toutes dernières années, grâce en partie à l'étude des agglutinines de type incomplet. Les travaux qui font école sont ceux d'Andresen (1955, 1957, 1960), Andresen et Irwin (1959), Andresen et Wroblewski (1959-1961), Andresen et collab. (1959), Saison (1958), Saison et Ingram (1961) au Canada. Ces auteurs établissent l'existence de dix systèmes de groupes sanguins plus ou moins complexes comprenant un ou plusieurs antigènes et étudient la répartition et la fréquence des allèles de chaque groupe au sein des diverses races.

Chez les moutons, Todd et White, dès 1910, montrent l'existence de propriétés sanguines individuelles transmises héréditairement et l'existence d'une parenté antigénique entre l'agneau et son père ou entre l'agneau et sa mère.

Bialosuknia et Kaczkowski, en 1924 et 1928, Brebant, en 1932, et Andersen, en 1938, par iso-agglutination naturelle, puis Warren Ycas, en 1943, ce dernier auteur délaissant l'iso-agglutination naturelle pour l'iso-hémolyse naturelle en présence de complément de lapin, classent les moutons en trois groupes sanguins selon qu'ils possèdent un anticorps naturel principal, l'antigène correspondant ou aucun de ces deux éléments. Ces auteurs montrent l'existence de l'agglutinine naturelle principale chez un certain nombre d'individus ne possédant pas l'antigène correspondant, mais parfois celle d'agglutinines différentes plus faibles. Warren Ycas identifie en outre divers antigènes érythrocytaires par hémolyse, au moyen d'iso-immunsérums et d'hétéro-immunsérums, ces derniers étant obtenus chez le lapin.

En 1955, Millot et Eyquem publient une étude sérologique portant sur environ 150 moutons de diverses races. L'iso-agglutination naturelle leur permet de mettre en évidence une agglutinine principale dans le sérum de la moitié des moutons étudiés. Ils la nomment anti-A, car elle correspond vraisemblablement à l'anti-A des premiers auteurs européens. Ils observent également différentes agglutinines plus faibles. La plupart des globules rouges leur semblent plus ou moins agglutinables, mais les anticorps naturels sont de faible titre, surtout dans certaines races. Par iso-immunisation, les auteurs obtiennent cinq iso-agglutinines anti-A, B, C, E, G, et cinq iso-hémolysines anti-D, H, I, J, K, correspondant à des antigènes différents. Plusieurs de ces anticorps peuvent coexister chez un même mouton qui peut présenter dans son sérum des agglutinines et des hémolysines non homologues, c'est-à-dire correspondant à des facteurs différents. Un seul anticorps : anti-K, est trouvé soit sous forme d'hémolysine, soit sous forme d'agglutinine. La fréquence des antigènes décrits est étudiée dans différentes races. Les auteurs vérifient que les agneaux ne possèdent jamais un antigène absent chez les deux parents. L'étude sérologique de la mère et des produits leur permet d'établir le génotype probable du père. Ils montrent de

plus l'intérêt d'une identification sérologique des animaux et donnent des exemples d'exclusions de filiation qu'ils ont pratiquées dans un troupeau et qui ont permis de déceler des substitutions d'agneaux.

Signalons encore que Rasmusen, en 1961, faisant réagir des sérums-tests bovins sur des globules rouges de mouton et faisant aussi des iso-immunisations, décrit sept systèmes de groupes sanguins, dont deux : B et C, sont complexes et ressemblent aux systèmes B et C bovins.

Mais c'est chez les bovins que les études de groupes sanguins sont les plus avancées. Les recherches furent faites d'abord par iso-agglutination naturelle. Citons les travaux d'Ottenberg et Friedman (1911), Fishbein (1913), puis Little (1929). Des milliers de sérums bovins furent expérimentés pour y découvrir la présence d'anticorps naturels. Schermer et Otte (1953) trouvèrent jusqu'à sept agglutinines différentes, que Rendel, Tolle, Neimann-Sorensen par la suite trouvèrent analogues, sauf une, à des iso-hémolysines immunes découvertes entre temps. En 1955, Forschner observa que 95 % des agglutinines naturelles ont la même spécificité. On sait à présent qu'il s'agit de l'anticorps anti-J.

Mais ce sont les travaux poursuivis par l'Ecole de l'Université de Wisconsin aux U.S.A., à partir de 1940, qui ont donné essor aux groupes sanguins bovins. Grâce aux techniques conjuguées d'iso-immunisation et d'absorption croisée, Ferguson, en 1941, met en évidence sept à neuf antigènes. L'année suivante, ce même auteur, avec Stormont et Irwin, décrit 23 nouveaux facteurs, ce qui porte, en 1942, le nombre des antigènes bovins à 30, d'où un très grand nombre de combinaisons ou groupes sanguins. En 1944, Owen, Stormont et Irwin étudient la répartition de ces 30 facteurs chez plus de 500 individus de chacune des deux races Hollandaise Frisonne et Guernesey. Les différences de fréquence observées sont très significatives et montrent l'intérêt des groupes sanguins pour l'étude des caractères

particuliers à la race au sein de l'espèce. En 1947, les mêmes auteurs précisent pour la première fois les liaisons génétiques entre facteurs du groupe B. Ils donnent une liste des phénogroupes B ou ensembles d'antigènes associés génétiquement, correspondant chacun à un gène au locus B. Les phénogroupes servent à désigner les gènes. Les auteurs précisent qu'il n'est pas intéressant de faire des fréquences antigéniques, car un antigène peut être commun à plusieurs allèles. Puisque le gène n'est pas défini par un antigène mais par un phénogroupe ou ensemble d'antigènes, c'est la fréquence des phénogroupes qu'il faut calculer. Stormont, en 1951, nous présente une liste de phénogroupes permettant de définir les allèles connus aux deux locus B et C de groupes sanguins. En 1952, le même auteur décrit les systèmes FV et Z, ces trois antigènes correspondant à deux nouveaux locus. Les locus AH, M, SU devaient être définis peu de temps après, mais sont encore aujourd'hui l'objet d'une découverte progressive. Quant à l'antigène J soluble, il a donné l'occasion à de nombreux travaux.

En Europe, Neimann-Sorensen, Rendel, Bouw, Braend ont étudié respectivement les races Danoises, Suédoises, Hollandaises et Norvégiennes. Grâce à la grande diversité et à la fréquence variable des allèles au locus B, notamment suivant la race, les groupes sanguins prennent une place essentielle dans l'investigation génétique des races.

En 1958, Neimann-Sorensen, étudiant les races Danoises (R. D. M. : race Rouge, S. D. M. : race Pie Noire) et Jersiaise, insistent sur l'utilité de la détermination du groupe sanguin des taureaux utilisés pour l'insémination artificielle, tant pour le contrôle des filiations que pour les études théoriques. Il montre qu'il existe statistiquement des différences génétiques notables entre les races et fait une estimation du degré d'homozygotie moyenne pour chacune d'entre elles. En 1959, Braend étudie en Norvège les races Télémarch et Sola, Bouw aux Pays-Bas (1958, 1960) étudie les sous-races Frisonne et Maas-Rijn. Il cherche des relations entre les groupes sanguins et les caractères de produc-

tion. Rendel, en 1958, donne des exemples d'exclusion de paternité intéressants. Il étudie mathématiquement la fréquence des croisements possibles à partir de génotypes parentaux connus. Ses travaux portent sur trois races laitières importantes : la Pie Rouge, la Frisian et la race Polled (la Pie Rouge ayant été créée en 1928 par fusion des races Swedish Ayrshire et Red Pied et celles-ci ayant été formées par croisement entre la race suédoise originelle et les races Ayrshire et Short-Horn). L'auteur compare ces races au moyen des fréquences alléliques. Muller, en 1960, décrit la race Tachetée Rouge de Simmental. Buschmann, en 1962, fait l'étude génétique des races de l'Allemagne du Sud. En France, en 1962, Grosclaude et Millot ont fait paraître une étude génétique de la race Montbéliarde, montrant une parenté de cette race avec la race Tachetée Rouge de Simmental.

Tous ces travaux montrent que les fréquences alléliques au locus B sont un moyen d'approche valable pour l'étude génétique des races. Lorsque des sondages sont faits à intervalles de temps différents dans une même région, on peut suivre l'évolution de la structure génétique d'une race et apprécier le rôle plus ou moins important dans cette évolution des principaux géniteurs dont l'influence est souvent considérable du fait du développement de l'insémination artificielle. Divers essais, notamment par Rendel, ont été faits par recherche des corrélations entre les groupes sanguins et les caractères de production. Ces travaux en sont encore à leurs débuts, mais déjà certaines relations ont été précisées, permettant de conclure que tel antigène ou tel allèle du groupe B est avantageux ou non pour la production laitière. Les applications d'avenir des groupes sanguins, liées à la sélection par exemple, dépasseront sans doute en importance les possibilités actuellement offertes. Celles-ci sont déjà très remarquables. Elles ont trait à l'identité animale, au contrôle des filiations, à la distinction des jumeaux et font plus particulièrement l'objet de ce travail.

GENERALITES

DEFINITION DES GROUPES SANGUINS

Les études sérologiques sur les groupes sanguins des animaux poursuivies dans le monde depuis plusieurs dizaines d'années, ont abouti à la détermination, dans toutes les espèces, de nombreux facteurs antigéniques.

A) Nature des facteurs antigéniques.

Leur nature exacte est mal connue. On sait cependant que les substances de groupes sont de nature polysidique ou peptidique, que les antigènes sont situés à la surface du globule rouge, faisant partie intégrante du stroma globulaire ou sont secondairement fixés sur lui (cas de l'antigène soluble J). On peut imaginer les facteurs antigéniques sous l'aspect de fines aspérités de forme variable à la surface des globules. En fait, il semble s'agir de groupements polysaccharidiques complexes auxquels est due la spécificité sérologique et qui sont portés par un substrat moléculaire beaucoup plus volumineux, vraisemblablement de nature protéique. On sait reconnaître sur la membrane du globule rouge plusieurs dizaines de caractères distincts à l'aide de gamma globulines sériques spécifiques appelées anticorps, contenues dans les sérums. Ces anticorps se développent notamment après injection à un sujet d'antigènes qu'il ne possède pas. Ils sont parfois naturels (anti-J des bovins, anti-A du mouton, anti-A du porc). Le plus souvent, ils sont obtenus expérimentalement par immunisation.

B) Immunisation - Antigènes - Anticorps

On réalise une iso- ou une hétéro-immunisation en injectant à un animal des globules rouges de la même espèce, ou d'une autre espèce, porteurs d'antigènes A, B, C... qu'il ne possède pas. Ainsi, après injections répétées à une semaine d'intervalle du sang d'un bovin à un autre, lorsqu'on met en présence, au bout de quelques semaines, le sérum du receveur et les globules rouges du donneur, une hémolyse se produit : la membrane des globules rouges se rompt, on assiste à l'éclatement de ces derniers avec libération de l'hémoglobine dans le milieu extérieur.

Cette destruction des globules rouges est à rapprocher de la destruction des microbes introduits dans le sang d'un sujet vacciné. A l'agression venant de l'extérieur, l'organisme répond par l'élaboration de globulines nouvelles appelées anticorps, destinées à neutraliser les agents de cette agression. Il suffit que les globules rouges du donneur de sang possèdent un seul caractère antigénique A, absent sur les globules du receveur pour que l'organisme de ce dernier réagisse en sécrétant un anticorps anti-A, capable de se fixer sur le facteur antigénique A, et de concourir à la destruction des globules étrangers par modification des équilibres physico-chimiques. L'étude du sérum *in vitro* en présence de complément permet de mettre en évidence, grâce à la réaction d'hémolyse, des anticorps différents, correspondant aux différents antigènes des globules rouges injectés. Ces antigènes globulaires, que l'on désigne par des lettres de l'alphabet : A, B, C..., sont découverts et reconnus grâce aux anticorps correspondants : anti-A, anti-B, anti-C, etc..., trouvés dans le sérum des receveurs.

C) Pouvoir antigène, affinité, spécificité.

Le pouvoir antigène est la propriété qu'a l'antigène, une fois injecté dans un organisme ne le possédant pas, de déterminer l'apparition d'un anticorps.

L'affinité de l'anticorps pour l'antigène est la forte attraction de cet anticorps pour la substance antigénique qui lui a donné naissance. En mélangeant un sérum contenant des anticorps anti-A et des globules rouges porteurs d'antigènes A, les anticorps du sérum se fixent énergiquement sur les antigènes des globules, ce qui entraîne secondairement l'hémolyse de ceux-ci en présence de complément.

La spécificité est la correspondance étroite entre l'anticorps et l'antigène. On peut imaginer l'anticorps comme une substance qui, moulée en quelque sorte sur la forme du facteur antigénique, est capable d'en épouser exactement les contours. Grâce à la spécificité antigénique, l'anticorps se fixe sur n'importe quel globule porteur de l'antigène correspondant et sera capable de déceler ce caractère correspondant.

Ainsi les anticorps sont formés sur le modèle des antigènes reçus et c'est la ressemblance de ces deux éléments anticorps et antigène qui occasionne leur réunion. A un type précis de facteur antigénique correspond en principe un seul anticorps, de même qu'à une serrure ne convient qu'une seule clé (*fig. 1*) (1).

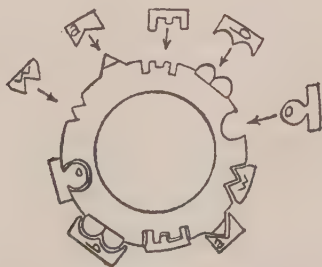


FIGURE 1. — Spécificité sérologique

(1) Les figures 1, 2, 3 nous ont été aimablement communiquées par P. Millot.

L'antigène A, injecté à un sujet ne possédant pas ce caractère, provoque uniquement l'apparition de l'anticorps anti-A correspondant et non pas l'apparition d'anticorps anti-B, anti-C. Corrélativement, l'anticorps anti-A se fixe sur les globules rouges A et les hémolyse, mais n'hémolyse pas les globules rouges B et C, car il ne peut se fixer sur eux.

D) Les immunsérums - Leur obtention.

On appelle immunsérum tout sérum renfermant des anticorps obtenus par immunisation d'un sujet receveur vis-à-vis d'antigènes globulaires d'un donneur. Lorsqu'un immunsérum est mis en présence des globules rouges de différents sujets, on obtient une réaction sérologique d'hémolyse ou d'agglutination avec les globules qui possèdent un ou plusieurs antigènes du donneur. Ainsi chez les bovins, la réaction d'hémolyse, révélant la fixation invisible des anticorps sur les antigènes correspondants, permet d'utiliser les anticorps d'un immunsérum pour la recherche des antigènes. Encore faut-il au préalable isoler les différents anticorps de l'immunsérum pour savoir quel est l'antigène en cause lorsqu'une hémolyse se produit. Un immunsérum peut en effet contenir à des concentrations variables autant d'anticorps différents que les globules rouges injectés comportaient d'antigènes.

Il faut remarquer que l'immunsérum ne contient jamais d'anticorps correspondant aux antigènes du sujet immunisé, car la présence d'un antigène chez le receveur inhibe l'élaboration de l'anticorps correspondant. D'autre part, l'immunisation est très variable suivant les sujets et un immunsérum ne contient pas en général tous les anticorps escomptés, même si ceux-ci paraissent absents chez le receveur.

Supposons qu'on immunise un bovin dont les globules rouges portent les antigènes C, D, E, par injection du sang d'un autre bovin dont les globules portent les antigènes A, B, C (*fig. 2*).

L'antigène C du donneur se trouvant chez le receveur, il n'y aura pas formation d'anticorps anti-C. Mais les antigènes A et B du donneur n'existant pas chez le receveur, celui-ci s'immunisera en donnant les anticorps correspondants anti-A et anti-B que l'on retrouvera dans l'immunsérum. Ce dernier hémolysera les globules rouges A, B, AB.

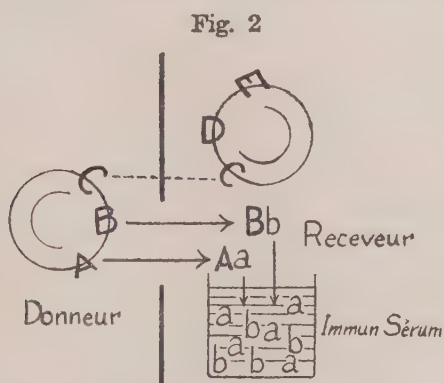


FIGURE 2. — Immunisation

E) Isolement des anticorps.

Absorption d'un immunsérum.

Nous avons vu que l'utilisation des immunsérums pour la détermination des groupes sanguins n'est possible que s'ils ne contiennent qu'un seul anticorps hémolytique. Les sérums obtenus renfermant le plus souvent plusieurs hémolysines, on est conduit à isoler celles-ci dans différentes fractions par absorption spécifique. Cette absorption permet d'éliminer tel ou tel anticorps pour conserver seulement l'un d'entre eux à l'état pur. Mais il faut revenir sur la réaction d'hémolyse.

Nous avons décrit l'hémolyse provoquée par un immunsérum comme résultant de la fixation des anticorps du sérum sur les antigènes globulaires correspondants. En fait, ceci est vrai avec un sérum récolté récemment, car une troisième substance contenue dans le sérum frais et appelée complément intervient pour déterminer l'hémolyse

en se fixant sur le complexe anticorps-antigène formé. Le complément est fragile et rapidement détruit par la chaleur et le vieillissement. Si l'on chauffe un immunsérum à 56°, il ne provoque plus d'hémolyse, quoique la fixation antigène-anticorps ait lieu. Ceci rend possible l'isolement des différents anticorps d'un immunsérum. On détruit d'abord le complément par chauffage, puis on mélange à l'immunsérum des globules rouges ayant des antigènes correspondant aux anticorps du sérum que l'on veut éliminer. Ces anticorps se fixent sur les globules sans les hémolyser. Par centrifugation, on sépare le sérum des globules et on élimine les globules rouges qui ont absorbé les anticorps indésirables. On récolte le sérum surnageant ou sérum absorbé. Si l'absorption est bien faite, seul subsiste dans le sérum l'anticorps que l'on cherchait à isoler et qui ne s'est pas fixé sur les globules rouges, faute de l'antigène correspondant. Le pouvoir hémolytique de l'anticorps isolé lui est restitué par addition dans la réaction d'une goutte de complément sous forme de sérum frais (sérum de lapin pour les groupes sanguins bovins).

La figure 3 montre l'absorption des deux anticorps anti-A et anti-B de l'immunsérum précédemment pris pour

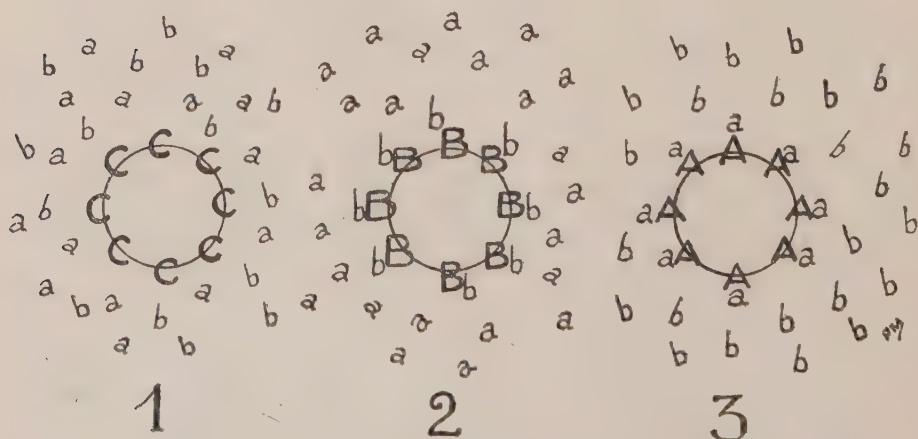


FIGURE 3. — Isolement des deux anticorps d'un sérum

type. Le sang destiné à l'absorption est recueilli sur solution anticoagulante, puis centrifugé. On élimine le plasma surnageant et on mélange le culot de globules rouges lavé trois fois en eau physiologique à l'échantillon de l'immunsérum. Après une nouvelle centrifugation, on récolte le sérum absorbé.

En 1, l'antigène C ne correspond à aucun anticorps du sérum et ne modifie pas le sérum.

En 2, il y a absorption de l'anticorps anti-B par les globules rouges B, le sérum récupéré après centrifugation est du type anti-A.

En 3, il y a absorption de l'anticorps anti-A par les globules, l'immunsérum devient spécifique de l'antigène B.

A partir d'un même immunsérum, on peut donc obtenir plusieurs sérums absorbés, contenant chacun un anticorps pur différent.

F) Définition des groupes sanguins.

Le groupe sanguin d'un individu est l'ensemble des antigènes qu'il possède, cet ensemble se retrouvant chez d'autres sujets dits « de même groupe ». C'est ainsi qu'un antigène permet de répartir les individus d'une même espèce en deux groupes, les positifs et les négatifs. Deux antigènes A et B déterminent quatre groupes sanguins A, B, AB, O (absence d'antigène) (groupes classiques de l'homme). Trois antigènes déterminent huit groupes sanguins, quatre antigènes seize, etc... Le nombre des antigènes découverts augmentant au fur et à mesure des travaux, on conçoit que les groupes sanguins deviennent de plus en plus nombreux chez l'homme et surtout dans les espèces animales où l'on peut immuniser à volonté. Le groupe sanguin tend donc à devenir une combinaison individuelle plutôt qu'un groupe de classement. En sélectionnant différents donneurs et receveurs et en immunisant sur une grande échelle, il est possible d'obtenir un grand nombre d'anti-

corps. En France, ces travaux ont été réalisés chez les bovins, depuis 1956, par P. Millot et ses collaborateurs, au laboratoire des groupes sanguins de Jouy-en-Josas. 45 anticorps différents sont couramment utilisés dans cette espèce, d'autres sont à l'étude.

Etant donné la variété des combinaisons possibles, il serait difficile aujourd'hui de répartir les bovins en groupes sanguins. On aboutit à une différenciation quasi individuelle, car il devient extrêmement rare de rencontrer deux individus possédant exactement la même configuration antigénique. Dans la pratique, établir le groupe sanguin d'un bovin revient à dresser la liste des antigènes qu'il possède ou la liste des anticorps qui provoquent l'hémolyse de ses globules rouges. A cette définition sérologique peut s'ajouter, comme nous le verrons plus loin, une définition génétique beaucoup plus précise.

ETUDE DES GROUPES SANGUINS DES BOVIDES

A. — Les iso-sérums naturels.

Chez l'homme, il existe deux anticorps naturels anti-A et anti-B. Chez l'animal, les anticorps naturels sont la plupart du temps trop faibles pour définir des groupes sanguins. Un de ceux-ci est cependant important : chez les bovins, l'anticorps naturel anti-J, étudié entre autres auteurs par Stormont, en 1949, Patel, en 1958, Irwin, en 1961, Stone et collab., de 1954 à 1962.

L'antigène J, correspondant à cet anticorps naturel des sérums bovins, est très particulier. C'est une substance antigénique existant primitivement à l'état soluble dans le plasma sanguin des individus J positif et qui se fixe secondairement sur les globules rouges lorsque le taux dans le sérum est suffisant.

On distingue trois sortes d'individus :

— les J négatifs qui possèdent ou non l'anticorps dans leur sérum ;

— les J positifs qui possèdent l'antigène soluble uniquement dans leur plasma à un taux trop faible pour qu'il se fixe sur les globules ;

— les J positifs proprement dits possédant la substance dans le sérum et sur les globules.

En 1959, Braend a remarqué que le titre de l'anticorps anti-J variait considérablement suivant les sujets et les saisons. En 1954, Irwin, Neimann-Sorensen, Stone et d'autres auteurs ont signalé l'existence d'une communauté antigénique entre J bovin et l'antigène A humain qui existe également à l'état soluble, l'antigène A du mouton (R des

auteurs anglo-saxons) et l'antigène A du porc. Toutefois, si l'anti-J bovin peut être absorbé par du sang humain du groupe A, l'anti-A du porc ne l'est que partiellement, ce qui montre, malgré de notoires affinités sérologiques entre ces antigènes distincts, des différences secondaires de spécificité. On sait transformer *in vitro* des globules J négatifs en globules J positifs par contact avec la substance plasmatique (Stormont, 1949). Il s'agit donc d'un antigène très spécial qui ne fait pas partie intégrante du stroma globulaire. A noter que les anticorps anti-J ne sont pas tous identiques ; lorsque l'anticorps est trop faible, il ne réagit pas sur les globules rouges J faibles. Le choix d'un bon réactif est donc délicat du fait de la variation de réactivité des globules rouges. Anti-J est le seul anticorps naturel qui soit encore utilisé dans les laboratoires, l'immunisation anti-J étant le plus souvent infructueuse.

B. — Les iso-immunsérums.

Ils servent à préparer la presque totalité des sérums-réactifs. Ils sont obtenus chez des receveurs que l'on tend aujourd'hui à spécialiser dans la production de tel ou tel anticorps. On cherche autant que possible à immuniser des animaux de groupe sanguin le plus voisin possible pour obtenir le plus petit nombre possible d'anticorps. Il est cependant de plus en plus difficile de réunir des animaux ne différant que d'un seul facteur antigénique et les iso-immunsérums contiennent couramment de 1 à 10 ou 12 hémolysines de titre varié que l'on sépare par absorption et que l'on dilue convenablement pour la préparation des sérums-réactifs. Lorsqu'on est en possession d'une série d'hémolysines isolées, il est facile de déterminer le groupe sanguin de globules rouges bovins quelconques en faisant réagir ces hémolysines individuellement sur les globules rouges.

C. — Réaction sérologique d'hémolyse - Technique d'analyse.

La réaction de groupe sanguin chez les bovins est une réaction d'hémolyse, ce phénomène rendant apparente la fixation invisible des anticorps sur les antigènes correspondants et témoignant de la présence de l'antigène sur les globules étudiés. S'il y a hémolyse, l'antigène correspondant à l'anticorps hémolytique essayé se trouve sur les globules rouges. En pratique, on distribue dans des tubes à hémolyse deux gouttes (environ 0,10 ml) de sérum-réactif dilué, puis une goutte de suspension à 2 % dans l'eau physiologique (eau distillée + 9,12 g de NaCl par litre) d'hématies lavées à trois reprises dans l'eau physiologique ; les tubes sont fortement agités. Après 15 minutes, on ajoute une goutte de complément, sous forme de sérum de lapin additionné au 1/10 de sérum de cobaye (l'activité complémentaire de ce mélange ou complément enrichi a paru à P. Millot plus constante que celle de sérum de lapin pur). Les tubes sont réagités et maintenus en chambre isotherme à 25°C. Trois lectures visuelles du degré d'hémolyse sont effectuées respectivement 30 minutes, 3 heures et 5 heures après la distribution du complément, les tubes étant agités après chaque lecture. Le degré d'hémolyse est noté selon une échelle linéaire : $\pm$ (traces), 1, 2, 3, 4 (hémolyse totale). Pour éviter les erreurs, chaque échantillon de sang est analysé deux fois, en principe par deux opérateurs différents.

D. — Les sous-groupes.

Comme nous l'avons dit dans l'historique, les globules porteurs d'un antigène n'ont pas tous la même réactivité vis-à-vis de l'anticorps correspondant (phénomène des affinités différentes décrit par Millot) ; il existe des cas où les différents degrés de réactivité sont échelonnés et bien tranchés ; on peut définir alors des sous-groupes.

Prenons l'exemple des sous-groupes de O : on appelle anti-O₄ l'anticorps total, réagissant sur tous les globules O, même les plus faibles. Par absorption sur des globules O₄ très peu réactifs, on obtient le réactif anti-O₃ qui ne réagit plus sur les globules O₄ mais réagit sur les globules rouges O₃ et, *a fortiori*, sur les globules O₂ et O₁ de plus forte antigénicité. Si l'on absorbe avec une nouvelle dose de globules rouges O₄ ou une très faible dose de globules rouges O₃, le réactif ne réagira plus sur les globules de ce sous-groupe O₃ mais réagira encore sur les globules rouges O₂ et O₁. Enfin, une nouvelle absorption peut procurer un réactif anti-O₁ ou même négativer complètement la réaction.

On prépare donc par absorption ménagée les réactifs des différents sous-groupes pour un certain nombre des antigènes décrits et notamment O, E', Y du groupe B, mais il reste entendu que le réactif d'un sous-groupe réagit également sur les sous-groupes de plus forte réactivité, c'est-à-dire de plus faible indice.

E. — Hérédité des différents antigènes bovins.

Si, du point de vue sérologique, les différentes hémolysines se comportent à peu près de même, ne laissant deviner aucune différence entre les antigènes décelés, ceux-ci ont cependant une importance très variable suivant leur mode de transmission héréditaire. Ils correspondent à des structures génétiques bien définies que l'on met en évidence par l'étude de l'ascendance ou de la descendance. On répartit les facteurs antigéniques en systèmes génétiques variés. Certains systèmes sont simples, contrôlant la transmission héréditaire d'un seul antigène. D'autres sont complexes, les gènes de ces systèmes contrôlant à la fois un grand nombre de facteurs. On connaît aujourd'hui, chez les bovins, neuf systèmes de groupes sanguins, chaque système génétique définissant un locus sur un chromosome différent. Ces systèmes ont pu être décrits grâce à l'étude de nombreux

croisements. Les antigènes ou leur groupement sont en effet des caractères mendéliens dont l'apparition chez le jeune dépend d'un couple de gènes allélomorphes, ce couple étant constitué lors de la fusion des gamètes par un gène allèle venant du père et un gène allèle venant de la mère. L'étude de la descendance d'un taureau de groupe sanguin connu, accouplé avec une série de femelles différentes possédant le moins possible de ses caractères antigéniques, permet de préciser le mode de transmission des antigènes du taureau aux veaux, ceux-ci recevant au hasard pour chaque système l'un ou l'autre des deux gènes allèles paternels dont dépendent les caractères étudiés. L'indépendance des caractères ou leur liaison éventuelle chez un parent apparaît donc clairement dans les études de descendance. Signalons que dans tous les cas et pour tous les systèmes on observe que les antigènes de groupes sanguins se comportent comme des caractères co-dominants par rapport à leur absence. Aucun antigène n'en masque un autre chez un produit, aucun n'est dominé par l'allèle négatif qui transmet l'absence. L'allèle négatif est toujours récessif, est toujours dominé, d'où il s'ensuit que l'individu qui possède l'antigène en dose double (homozygote) et celui qui le possède en dose simple (hétérozygote) ne se distinguent pas sérologiquement. Ces constatations préalables étant faites, nous examinerons brièvement les différents systèmes.

1° *Les antigènes indépendants.*

Les antigènes L, M, Z, J sont indépendants. Leur locus (point du chromosome qui porte un gène) est situé sur différentes paires de chromosomes qui se trouvent ainsi marqués par leur présence.

Schématisons la transmission de l'antigène L d'un taureau à des descendants de première génération, la mère étant négative pour ce caractère (*figure 4*).

Chaque antigène dit « indépendant » est hérité selon ce mode indépendamment des autres antigènes. Il peut donc exister en dose double : LL (homozygote) comme chez le

père 1 ou en dose simple : L- (hétérozygote) et c'est le cas le plus fréquent. Les structures LL et L- du père (génotype pour le caractère considéré) sont identiques pour le sérum anti-L, ce qui montre la dominance de la présence de l'antigène sur son absence. Seul est négatif l'individu porteur du caractère négatif en dose double. Le père transmet à ses descendants l'un ou l'autre des allèles au locus L, qui s'unit au hasard à un allèle correspondant venu de la mère.

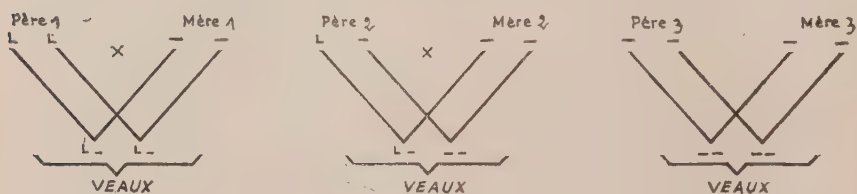


FIGURE 4

Dans le premier cas, le père homozygote transmet l'antigène à tous ses descendants de première génération ; dans le deuxième cas, le père hétérozygote transmet l'antigène à la moitié de sa descendance. Le troisième cas nous montre que des parents négatifs ne peuvent jamais avoir de descendants possédant l'antigène.

Des schémas analogues montrent qu'en croisant deux parents homozygotes LL, les veaux obtenus possèdent l'antigène à l'état homozygote, qu'en croisant un père LL et une mère L- on obtient des veaux possédant tous l'antigène, la moitié à l'état homozygote et la seconde moitié à l'état hétérozygote, qu'en croisant deux parents hétérozygotes L- et L-, les trois quarts des veaux possèdent l'antigène, un quart à l'état homozygote et la moitié à l'état hétérozygote.

Retenons que l'antigène présent chez un veau est toujours hérité de l'un de ses parents au moins. Il ne peut être présent chez lui s'il est absent simultanément chez les deux parents. Cette règle se vérifie toujours dans la pratique et sert de base à la plupart des contrôles de filiation.

2° Le système FV.

Ce système est très simple, il ressemble fort au système alternatif MN de l'homme. Les deux antigènes F et V sont transmis indépendamment des autres avec deux allèles, ces deux allèles étant les seuls au locus correspondant. Il n'y a pas d'allèle récessif, aucun bovin n'étant négatif à la fois pour les deux antigènes F et V. Le génotype pour F et V est obligatoirement FF, FV ou VV. Il se déduit directement de l'étude sérologique des globules rouges à l'aide de deux anticorps anti-F et anti-V. Un animal peut posséder en même temps les deux antigènes (hétérozygotes FV), s'il n'en possède qu'un il est obligatoirement homozygote pour ce facteur : FF ou VV.

Sur le schéma suivant (*figure 5*), nous pouvons voir qu'un parent de génotype FF, c'est-à-dire ne possédant pas l'antigène V, donne obligatoirement à tous ses descendants l'antigène F, associé ou non à V, quel que soit le groupe de l'autre parent, un parent VV donnant de même dans tous les cas l'antigène V. Si un veau FF est déclaré descendre d'un parent VV ou un veau VV d'un parent FF, on peut affirmer qu'il y a erreur de filiation sans même connaître le groupe sanguin de l'autre parent.



FIGURE 5

La connaissance du génotype pour F et V est donc importante. Elle permet d'affirmer qu'un veau n'est pas issu de tel père ou de telle mère s'il ne possède pas tel antigène. On peut donc exclure une filiation erronée, non sur un antigène supplémentaire, mais en se fondant sur l'absence d'un caractère chez le descendant.

3° Les systèmes B et C.

Alors que dans tous les cas précédents un gène contrôle un seul antigène ou son absence, il existe des gènes contrôlant un ensemble d'antigènes sanguins. Ces antigènes sanguins ne se dissocient pas dans la descendance et se retrouvent de génération en génération. Ils forment des groupements fixes correspondant chacun à une unité héréditaire complexe.

Ainsi, parmi les quelque 20 antigènes du groupe B que peut posséder un bovin, B, G, K, I, O, P, Q, T, Y, A', B', D', E', G', I', J', K', O', Y' et leurs sous-groupes, ceux qu'il possède sont toujours transmis à ses veaux en deux groupes alternatifs correspondant à deux allèles seulement. Si l'on croise un taureau possédant six antigènes du groupe B : B, D', E', K', O₁, Y₂, avec des vaches négatives pour le groupe B, l'étude du groupe sanguin B chez les descendants révélera que tous les individus sont, par exemple, soit BO₁Y₂D', soit E'₃K'. De même, un taureau B,G,O₁,Y₂,I' donnera, par exemple, à tous ses descendants, soit BGO₁Y₂, soit O₁I'. Ces deux groupements alternatifs définissent les deux allèles du taureau pour le groupe B. Un autre taureau possesseur des mêmes antigènes du groupe B pourra les distribuer différemment dans sa descendance donnant, par exemple, BI' et GO₁Y₂ ou encore BGO₁Y₂I' et — (allèle négatif). Les deux gènes du locus B contrôlent donc la présence simultanée d'un ensemble de facteurs, par exemple : BGIE'' ou BGKO₄B'E'₃O'O'' en race Normande, mais ils peuvent également contrôler un seul facteur comme E' ou l'absence de facteur (gène récessif).

Les groupes de facteurs B (phénogroupes) sont indissolubles. Si un bovin reçoit de son père le gène contrôlant le groupe BGKO₄B'E'₃O'O'' et de sa mère le gène contrôlant le groupe BGIE'', son génotype sanguin au locus B sera figuré : BGKO₄B'E'₃O'O''/BGIE'', ce qui indique qu'il transmettra à son tour l'un ou l'autre de ces allèles.

Mais si les gènes du locus B qui contrôlent un ensemble d'antigènes sont constants chez le sujet considéré dans son

ascendance et dans sa descendance, ils sont en revanche très nombreux et correspondent à des arrangements d'antigènes très variés chez différents sujets et dans différentes populations bovines. Dans une lignée ou une race donnée, certains gènes allèles de B sont plus fréquemment rencontrés que d'autres et la fréquence de ces allèles permet, dans une certaine mesure, de caractériser les différentes races.

De nombreux auteurs ont étudié le locus B dans différentes races. Récemment, Millot et Grosclaude ont entrepris, au laboratoire de Jouy-en-Josas, l'inventaire des allèles de B dans les différentes races françaises. Ils ont constaté déjà qu'il existe dans chaque race au locus B un grand nombre d'allèles possibles depuis une trentaine jusqu'à plus de 90. Ces allèles diffèrent qualitativement d'une race à l'autre. Deux races comme la Normande et la Frisonne, par exemple, auront en commun un certain nombre d'allèles avec des fréquences différentes dans les deux races ; de plus, chacune possédera une série d'allèles propres qui pourront la caractériser.

Le mode de transmission des antigènes du système C (C_1 , C_2 , X_1 , X_2 , X_3 , E, L', W, R, etc...) est identique. On retrouve dans ce système l'existence de deux allèles au locus C qui est situé sur un chromosome différent de ceux déjà marqués. Chaque allèle C contrôle aussi un groupement antigénique, fixe chez un taureau donné et dans sa descendance, variable suivant les animaux ; mais les allèles du locus C sont moins variés et paraissent moins caractéristiques de la race que ceux du locus B.

4° *Le système A.*

Il comprend les antigènes A, H, Z', (D). Ce système est en passe de se compliquer comme les systèmes B et C. On connaît actuellement neuf phénogroupes définissant neuf allèles au locus A. Ce sont : A_1 , A_1D , A_1D_2Z' , A_1H , A_1DH , A_2DH , DH , A_2D , D.

5° *Le système SU.*

Encore assez simple jusqu'à ces dernières années, il comprenait les cinq allèles suivants : SH', U₁H', U₂, H', —. Ces phénogroupes, combinés deux à deux, donnaient tous les génotypes connus. Toutefois, des publications récentes de Millot et Grosclaude font état d'au moins trois antigènes nouveaux : S'', U'', U₂β, dépendant du locus S, ce qui porte à 10 au moins les allèles connus à ce locus.

**

De ce qui précède, on peut conclure qu'il y a deux étapes dans l'étude du groupe sanguin d'un bovin :

1° la connaissance de la liste des facteurs antigéniques qu'il possède ou phénotype sanguin ;

2° la connaissance de la structure génétique relative au groupe sanguin ou génotype sanguin.

Ainsi, pour un sujet de race Normande au phénotype suivant :

AZ'BG₄IKO₄B'E'₃O'O''C₁WX₃L'FVJSZ

correspond par exemple le génotype :

AZ'	BGIE''	C ₁ W	F	J	SH'	Z
A	BGKO ₄ B'E' ₃ O'O''	WX ₃ L'	V	—	H'	Z

(nous figurons par un tiret l'allèle récessif à chaque locus).

A noter que, pour chaque système de sous-groupes, le sous-groupe le plus fort masque dans le phénotype un sous-groupe plus faible. Ce dernier sera décelé par l'étude génétique de la descendance. On peut donc dire que le sous-groupe faible est récessif par rapport au sous-groupe fort. Ainsi O₁ domine O₂ qui domine lui-même O₃.

APPLICATIONS PRATIQUES DE LA CONNAISSANCE DES GROUPES SANGUINS DES BOVIDES

Les recherches sur les groupes sanguins chez les animaux et notamment chez les bovidés sont en plein essor et sont appelées à un avenir certain. On peut prévoir que leurs applications seront importantes. Nous traiterons ici de trois applications ayant acquis déjà une grande importance en pratique : l'identité animale, le contrôle de filiations, la distinction des jumeaux. Nous ne ferons que citer dans la conclusion des applications prévues pour un avenir proche, dont certaines en cours d'étude, sont riches de promesses.

A. — Identification des bovins.

L'identification précise des bovins a toujours été très délicate, spécialement dans les races de robe uniforme, par suite du manque de caractères distinctifs nets, durables, ne prêtant pas à confusion. Un léger progrès avait été marqué il y a une douzaine d'années par la prise d'empreintes nasales qui se révélaient variées comme les empreintes digitales de l'homme. Mais l'application de cette méthode n'était pas aisée et les groupes sanguins ont résolu le problème d'une façon scientifique.

En effet, le groupe sanguin reste constant durant toute la vie. Etant donné le grand nombre de facteurs antigéniques connus chez les bovins, les différentes combinaisons possibles sont innombrables : 20 antigènes seulement hérités indépendamment pourraient réaliser environ 200.000 combinaisons différentes. En fait, les antigènes sont rare-

ment indépendants. Nous avons vu qu'à un locus donné, certaines combinaisons génétiques ne sont pas observées, tandis que d'autres ont une grande fréquence. Cependant, si l'on compare les phénotypes, on constate qu'il est extrêmement rare de rencontrer deux individus de même groupe sanguin.

En 1958, Neimann-Sorensen, étudiant la race Jersiaise Danoise, qui est une race très homogène, montra qu'il n'y avait qu'une chance sur 2.000 de rencontrer deux individus de même phénotype sanguin.

Grâce à la découverte de nouveaux facteurs antigéniques, à la connaissance des allèles de B et de C qui devient de plus en plus complète pour chaque race, l'identité est établie aujourd'hui avec plus de précision encore, car sont non seulement connus un grand nombre d'antigènes présents, mais aussi la manière dont ils sont groupés.

Grosclaude et Millot ont calculé tout récemment qu'en race Montbéliarde, dans le département du Doubs, il y a moins d'une chance sur 20.000 pour que deux bovins choisis au hasard aient le même groupe sanguin. On voit que les causes d'erreur sont presque inexistantes si l'on ajoute au groupe sanguin des renseignements tels que la race, le sexe.

La méthode des groupes sanguins permet donc une identification précise des bovins, applicable à toutes les races. Simple et sans danger, elle ne nécessite qu'une prise de sang et son envoi au laboratoire des groupes sanguins de Jouy-en-Josas (Centre National de Recherches Zootechniques). C'est actuellement le seul moyen d'identification sûr, contrôlable tout au long de la vie, non susceptible d'être caché ou modifié, parce qu'il repose sur la structure génétique même du sujet. La *figure 6* reproduit une détermination de groupe sanguin faite par le laboratoire. Dans certains pays étrangers, le groupe sanguin figure obligatoirement sur la fiche signalétique des individus inscrits au Herd Book ; en Hollande par exemple, le Herd Book de la race Frisonne demande même le contrôle de l'ascendance pour tous les taureaux inscrits au Livre Généalogique.

LABORATOIRE DES GROUPES SANGUINS DES BOVIDÉS

INSTITUT NATIONAL
DE LA
RECHERCHE AGRONOMIQUE

C.N.R.Z. JOUY-EN-JOSAS S & O
TÉL. 923 63 13
Directeur Dr Vét. P. MILLOT

INSTITUT PASTEUR
DE PARIS
GROUPES SANGUINS DES BOVIDÉS

Enregistré le: 27/1/64

JOUY EN JOSAS, LE 17/2/64

Examiné le: 28/2/64

Référence à rappeler:

10 000

DÉTERMINATION DE GROUPE SANGUIN

Nom JUWEEL GERARD WOUTER Race: HOLLANDAIS N° HB 207 727

Correspondant: M. Pierre de la Gorce à Avenelle "La Mi-Route"(Nord)

Motif de l'examen: agrément

Père: Jelsumer Gerard Wouter N° HB 25 231

Mère: Roosje's Roelofke N° HB 97 209

Phénotype

A	H	Z'	B	G	I	E'	K	O	P	Q	T	Y	N _F
-	-	-	B	G	-	-	K	O ₃	-	-	-	Y ₁	-
A'	A''	B'	D'	E'	I'	J'	K'	O'	O''	Y'	C	R	W
A'	A''	-	-	E' ₃	-G'	-	-	O'	O''	Y'	C ₁	-	W
X	L'	F	V	J	L	M	S	H'	U ₁	U ₂	J''	Z	H''
X ₂	-	F	-	-	-	-	S	H'	-	-	-	-	H''

Génotype

A		B					
- / -		BGKO ₄ Y ₂ A'O'O'' / BO ₃ Y ₁ A'A''E'G'					
C		FV	J	L	M	SU	Z
C ₁ WX ₂ /		F / F	- / -	- / -	- / -	SH' /	- / -

Signature de Contrôle:

Le laboratoire des Groupes Sanguins
des Bovidés.
C.N.R.Z. - JOUY-EN-JOSAS (S & O)

FIGURE 6

En France, depuis 1959, la détermination des groupes sanguins (sans vérification d'ascendance) des taureaux servant dans les centres d'insémination artificielle est obligatoire, ce qui permet de résoudre, même bien des années après la mort des géniteurs, beaucoup de problèmes de filiation qui se présentent souvent dans la pratique après l'abattage des taureaux. Dans beaucoup de grands élevages, les propriétaires soucieux de garantir d'une manière certaine et scientifique l'identité dans leur cheptel, font établir le groupe sanguin des reproducteurs ayant une influence marquée dans leur élevage. Il est ainsi possible de suivre l'hérédité de certains phénogroupes sanguins provenant d'une lignée ou d'une autre et d'apprécier l'influence de certaines familles dans l'élevage. Bouw, en 1958, a noté en 4 ou 5 générations l'augmentation considérable de la fréquence de certains phénogroupes B en race Frisonne traduisant l'influence énorme exercée dans l'élevage par certains géniteurs, due à l'emploi intensif de tel ou tel taureau.

B. — Contrôles de filiation.

Les groupes sanguins étant un moyen efficace d'identification fondé sur les caractères génétiques, il est normal qu'ils servent à contrôler l'origine ou à étudier la descendance, les caractères sanguins étant précisément transmis inchangés d'une génération à l'autre. Un contrôle de filiation s'impose lorsqu'il y a soit contestation de maternité, et c'est le cas le plus rare, soit contestation de paternité. Le doute sur une maternité peut se présenter lors de la naissance simultanée dans un élevage de deux ou plus de deux veaux avec échange possible des veaux et des mères, ou encore en été, au pâturage, lorsque deux veaux perdent leur numéro d'identification. Il faut évidemment citer encore toutes les fraudes possibles : déclaration de faux jumeaux au Herd Book, interversion de veaux, etc...

Il peut y avoir doute ou contestation de paternité si

deux taureaux ont pu s'accoupler avec la même femelle, à la même époque, ou si la femelle a été accouplée ou inséminée lors de deux périodes de chaleur successives, certaines vaches pouvant montrer des signes de chaleur même si la fécondation a déjà eu lieu. Jadis, dans l'insémination naturelle, l'éleveur accouplait en général la même vache au cours de différents cycles successifs avec son propre taureau, s'il en possédait un. Aujourd'hui, l'emploi intensif de l'insémination artificielle multiplie les risques d'erreur en ce qui concerne la paternité, une vache pouvant notamment être accouplée, puis inséminée au cycle suivant. Lors d'inséminations au cours de deux cycles sexuels successifs par des taureaux différents, le calcul de la durée de gestation devrait indiquer le père probable, mais, si l'on tient compte des variations possibles de la durée de la gestation et de l'interœstrus, on constate que le problème n'est pas résolu avec certitude, chacun des deux taureaux pouvant être le géniteur possible. Dans ce cas, seul un contrôle de filiation par les groupes sanguins peut résoudre le problème.

Dans certains pays étrangers, au Canada par exemple, le Herd Book de la race Hollandaise-Frisonne demande un contrôle de filiation chaque fois que deux taureaux différents ont été accouplés avec la même vache dans un intervalle de temps de moins de 10 jours et chaque fois qu'un veau naît après une durée de gestation de moins de 275 jours à partir de la date d'une première insémination, la mère ayant été accouplée ou inséminée lors de deux cycles successifs.

Dans la pratique, pour résoudre les problèmes de filiations, l'examen du seul phénotype sanguin est parfois suffisant, mais, le plus souvent, on a recours à l'étude du génotype sanguin comme nous allons le voir.

1° *L'examen du phénotype est suffisant.*

Recherche du père d'un veau né d'un des taureaux 1 et 2 dont les groupes sanguins figurent au *tableau 1*.

Loci	A	B	C	FV	J	L	S	Z
Mère	—	BY ₂ D'E' ₃	CWX	FV	J	—	S	Z
Produit	A	O ₁ Y ₂ D'E' ₁	CWL'	FV	—	L	S	—
Père 1	A	O ₁ PY ₂ D'E' ₁ G'	CWL'	VV	—	L	—	Z
Père 2	—	BGY ₂ E' ₂	CRW	FV	—	—	S	—
Père 3	A	BGO ₁ QTE' ₃ I'K'	CWXL'	FF	—	L	SU	Z

TABLEAU 1

Les facteurs antigéniques présents chez le produit et absents chez la mère proviennent du père. Seul le père 1 peut transmettre au produit les facteurs A, O₁, L' et L. Il est donc le père du produit. A noter que le sous-groupe E'₁ du produit est une présomption en faveur du père 1. On voit qu'ici la connaissance du phénotype est suffisante pour résoudre le problème.

2° *La détermination des génotypes est nécessaire.*

Recherche du père d'un veau né d'un des pères 1 et 3 dont les groupes sanguins figurent au *tableau 1*.

Les pères 1 et 3 peuvent transmettre les facteurs A, O₁, L' et L. On doit alors déterminer le génotype sanguin pour trouver le père véritable. Sa détermination est facile si l'on connaît les groupes sanguins de la race et si l'on peut examiner quelques produits de chaque taureau.

On voit (*tableau 2*) que le père 1 transmet toujours A mais que le père 3 transmet cet antigène une fois sur deux. L'un et l'autre peuvent l'avoir transmis au veau. En revanche, le père 3 transmet O₁ dans un groupement d'antigènes indissoluble : BGO₁Q. Donc, s'il était le père du produit, celui-ci devrait posséder BG et Q avec O₁, ce qui n'est pas

le cas ; au contraire, le père 1 peut avoir transmis $O_1D'E'_1$ au produit et ceci est confirmé par la présence chez celui-ci du sous-groupe 1 de E' . De même, le facteur L' du locus C est transmis par le taureau 3 avec le groupement indissoluble WXL' . Si ce taureau était le père, le produit posséderait le facteur X, ce qui n'est pas le cas. De plus, le produit n'a pas de facteur antigénique au locus Z ; or, s'il était le fils du père 3, il posséderait obligatoirement l'antigène Z, celui-ci étant en dose double chez le père 3. Au contraire, le père 1 peut avoir un produit sans facteur antigénique au locus Z. Pour toutes ces raisons, le père présumé 1 est le père véritable.

Loci	A	B	C	FV	J	L	SU	Z
Père 1	A/A	$O_1D'E'_1/PY_2E'_3G'$	C/WL'	V/V	—/—	L/—	—/—	Z/—
Père 3	A/—	$BGO_1Q/O_1TE'_3I'K'$	CW/WXL'	F/F	—/—	L/—	S/U	Z/Z

TABLEAU 2

On peut donc résoudre ainsi un grand nombre de cas de filiations douteuses, sans oublier les cas de fraude toujours possibles avec les animaux de valeur. En principe, on exclut avec certitude une fausse filiation, mais on ne peut pas affirmer de façon absolue qu'une filiation est vraie. On peut cependant arriver par éliminations successives à la solution d'un problème d'origine complexe et reconnaître par exemple le père d'un veau parmi 20 à 25 taureaux d'un centre d'insémination artificielle, si l'on est certain que le père se trouve dans le lot.

C. — Distinction des jumeaux.

Il existe deux sortes de jumeaux : les jumeaux vrais, encore appelés jumeaux identiques ou unizygotes, toujours

de même sexe, puisque résultant de la division d'un même œuf dont les deux moitiés évoluent séparément, et les faux jumeaux, ou jumeaux dizygotes, provenant de la fécondation simultanée de deux ovules par deux spermatozoïdes et qui ne sont autres que des frères ou sœurs se greffant ensemble dans l'utérus.

La recherche des vrais jumeaux bovins est particulièrement importante pour les Instituts de Recherche sur l'Élevage. En effet, les chercheurs suédois, dès 1937, suivis, après la guerre, par les Anglais, les Américains et les Français, ont utilisé ces jumeaux dans leur expérimentation, à cause de leur patrimoine héréditaire commun permettant, en séparant les jumeaux de chaque paire, de réaliser deux lots d'animaux rigoureusement identiques du point de vue génétique. Ceci est un avantage inestimable pour les études comparées sur les facteurs extrinsèques (alimentaire, climatique, etc...) de la croissance ou d'une production (lait, viande, etc...).

La reconnaissance des jumeaux unizygotes se fait par l'examen des caractères extérieurs qui sont très semblables et surtout à l'aide des groupes sanguins qui sont identiques chez les deux jumeaux. En théorie, la distinction des vrais jumeaux est donc très facile, puisque seuls ils possèdent les mêmes antigènes avec le même génotype. Cependant, neuf fois sur dix au moins, à l'occasion d'une circulation placentaire commune fréquente chez les jumeaux, les enveloppes fœtales se soudant plus ou moins pendant la gestation, le sang des faux jumeaux se mélange, une partie des cellules sanguines primordiales de chaque jumeau se greffant chez le co-jumeau. Il en résulte par la suite, de façon permanente, l'élaboration chez chacun des jumeaux de deux populations de globules rouges correspondant au sang des deux co-jumeaux. Les faux jumeaux présentent donc aussi le même groupe sanguin avec toutefois certaines hémolyses incomplètes, partielles, quel que soit le temps de réaction, puisqu'il existe chez chacun des faux jumeaux un mélange de globules positifs et de globules négatifs pour tel ou tel

antigène. Au contraire, les jumeaux unizygotes ayant hérité le même groupe sanguin, le mélange de sang n'aura chez eux aucune conséquence visible. Ils se différencieront donc des faux jumeaux avec mélange de sang par un même groupe sanguin sans réaction partielle.

Si les jumeaux vrais sont toujours de même sexe, les faux jumeaux peuvent être de sexe différent. Mais, le plus souvent, du fait de la circulation placentaire commune, la femelle est rendue définitivement stérile par les hormones mâles libérées dans le sang par le co-jumeau, celles-ci provoquant un infantilisme génital de la femelle (« freemartin »). Or, la stérilité de la femelle et le mélange sanguin vont de pair puisqu'ils sont dus l'un et l'autre aux relations vasculaires entre les fœtus ; il est donc possible, en présence de réactions partielles de groupe sanguin, de prévoir lorsque les faux jumeaux sont de sexe différent que la génisse sera stérile.

L'étude sérologique des faux jumeaux de sexe différent est donc un exemple remarquable d'une application zooteknique des groupes sanguins, qui est particulièrement intéressante pour les sujets de bonne origine, car elle permet de prévoir dès la naissance la fécondité ou la stérilité future. En cas de stérilité prévue pour la génisse, l'orientation de celle-ci, à l'âge voulu, vers la boucherie peut avoir lieu sans perte de temps inutile.

La *figure 7* reproduit les réactions hémolytiques, faites en double, de groupes sanguins relatifs à plusieurs couples de jumeaux dizygotes présentant un mélange de sang. On a fait figurer dans chaque case les trois lectures de la réaction à des temps différents. On voit que certaines réactions restent partielles quel que soit le temps d'observation.

RÉACTIONS D'HÉMOLYSE

Laboratoire des Groupes Sanguins des Bovidés

DATE	2-2-63	1 ^{re} lect. à 11 ^h 45 par MLD Tempér. 25 °C	Préparation à : 11 ^h 45
		2 ^e lect. à 14 ^h 40 par MLD Tempér. 26 °C	par : C. P.
		3 ^e lect. à 16 ^h 35 par MLD Tempér. 25 °C	Tempér. : 24 °C

Meriton	Absorption		Wavelengths (Å)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
	Reaction	Reaction	9013	9014	9015	9016	9017	9018	9019	9020	9021	9022	9023	9024	9025	9026	9027	9028	9029	9030	9031	9032	9033	9034	9035	9036	9037	9038	9039	9040	9041	9042	9043	9044	9045	9046	9047	9048	9049	9050	9051	9052	9053	9054	9055	9056	9057	9058	9059	9060	9061	9062	9063	9064	9065	9066	9067	9068	9069	9070	9071	9072	9073	9074	9075	9076	9077	9078	9079	9080	9081	9082	9083	9084	9085	9086	9087	9088	9089	9090	9091	9092	9093	9094	9095	9096	9097	9098	9099	9100	9101	9102	9103	9104	9105	9106	9107	9108	9109	9110	9111	9112	9113	9114	9115	9116	9117	9118	9119	9120	9121	9122	9123	9124	9125	9126	9127	9128	9129	9130	9131	9132	9133	9134	9135	9136	9137	9138	9139	9140	9141	9142	9143	9144	9145	9146	9147	9148	9149	9150	9151	9152	9153	9154	9155	9156	9157	9158	9159	9160	9161	9162	9163	9164	9165	9166	9167	9168	9169	9170	9171	9172	9173	9174	9175	9176	9177	9178	9179	9180	9181	9182	9183	9184	9185	9186	9187	9188	9189	9190	9191	9192	9193	9194	9195	9196	9197	9198	9199	9200	9201	9202	9203	9204	9205	9206	9207	9208	9209	9210	9211	9212	9213	9214	9215	9216	9217	9218	9219	9220	9221	9222	9223	9224	9225	9226	9227	9228	9229	9230	9231	9232	9233	9234	9235	9236	9237	9238	9239	9240	9241	9242	9243	9244	9245	9246	9247	9248	9249	9250	9251	9252	9253	9254	9255	9256	9257	9258	9259	9260	9261	9262	9263	9264	9265	9266	9267	9268	9269	9270	9271	9272	9273	9274	9275	9276	9277	9278	9279	9280	9281	9282	9283	9284	9285	9286	9287	9288	9289	9290	9291	9292	9293	9294	9295	9296	9297	9298	9299	9300	9301	9302	9303	9304	9305	9306	9307	9308	9309	9310	9311	9312	9313	9314	9315	9316	9317	9318	9319	9320	9321	9322	9323	9324	9325	9326	9327	9328	9329	9330	9331	9332	9333	9334	9335	9336	9337	9338	9339	9340	9341	9342	9343	9344	9345	9346	9347	9348	9349	9350	9351	9352	9353	9354	9355	9356	9357	9358	9359	9360	9361	9362	9363	9364	9365	9366	9367	9368	9369	9370	9371	9372	9373	9374	9375	9376	9377	9378	9379	9380	9381	9382	9383	9384	9385	9386	9387	9388	9389	9390	9391	9392	9393	9394	9395	9396	9397	9398	9399	9400	9401	9402	9403	9404	9405	9406	9407	9408	9409	9410	9411	9412	9413	9414	9415	9416	9417	9418	9419	9420	9421	9422	9423	9424	9425	9426	9427	9428	9429	9430	9431	9432	9433	9434	9435	9436	9437	9438	9439	9440	9441	9442	9443	9444	9445	9446	9447	9448	9449	9450	9451	9452	9453	9454	9455	9456	9457	9458	9459	9460	9461	9462	9463	9464	9465	9466	9467	9468	9469	9470	9471	9472	9473	9474	9475	9476	9477	9478	9479	9480	9481	9482	9483	9484	9485	9486	9487	9488	9489	9490	9491	9492	9493	9494	9495	9496	9497	9498	9499	9500	9501	9502	9503	9504	9505	9506	9507	9508	9509	9510	9511	9512	9513	9514	9515	9516	9517	9518	9519	9520	9521	9522	9523	9524	9525	9526	9527	9528	9529	9530	9531	9532	9533	9534	9535	9536	9537	9538	9539	9540	9541	9542	9543	9544	9545	9546	9547	9548	9549	9550	9551	9552	9553	9554	9555	9556	9557	9558	9559	9560	9561	9562	9563	9564	9565	9566	9567	9568	9569	9570	9571	9572	9573	9574	9575	9576	9577	9578	9579	9580	9581	9582	9583	9584	9585	9586	9587	9588	9589	9590	9591	9592	9593	9594	9595	9596	9597	9598	9599	9600	9601	9602	9603	9604	9605	9606	9607	9608	9609	9610	9611	9612	9613	9614	9615	9616	9617	9618	9619	9620	9621	9622	9623	9624	9625	9626	9627	9628	9629	9630	9631	9632	9633	9634	9635	9636	9637	9638	9639	9640	9641	9642	9643	9644	9645	9646	9647	9648	9649	9650	9651	9652	9653	9654	9655	9656	9657	9658	9659	9660	9661	9662	9663	9664	9665	9666	9667	9668	9669	9670	9671	9672	9673	9674	9675	9676	9677	9678	9679	9680	9681	9682	9683	9684	9685	9686	9687	9688	9689	9690	9691	9692	9693	9694	9695	9696	9697	9698	9699	9700	9701	9702	9703	9704	9705	9706	9707	9708	9709	9710	9711	9712	9713	9714	9715	9716	9717	9718	9719	9720	9721	9722	9723	9724	9725	9726	9727	9728	9729	9730	9731	9732	9733	9734	9735	9736	9737	9738	9739	9740	9741	9742	9743	9744	9745	9746	9747	9748	9749	9750	9751	9752	9753	9754	9755	9756	9757	9758	9759	9760	9761	9762	9763	9764	9765	9766	9767	9768	9769	9770	9771	9772	9773	9774	9775	9776	9777	9778	9779	9780	9781	9782	9783	9784	9785	9786	9787	9788	9789	9790	9791	9792	9793	9794	9795	9796	9797	9798	9799	9800	9801	9802	9803	9804	9805	9806	9807	9808	9809	9810	9811	9812	9813	9814	9815	9816	9817	9818	9819	9820	9821	9822	9823	9824	9825	9826	9827	9828	9829	9830	9831	9832	9833	9834	9835	9836	9837	9838	9839	9840	9841	9842	9843	9844	9845	9846	9847	9848	9849	9850	9851	9852	9853	9854	9855	9856	9857	9858	9859	9860	9861	9862	9863	9864	9865	9866	9867	9868	9869	9870	9871	9872	9873	9874	9875	9876	9877	9878	9879	9880	9881	9882	9883	9884	9885	9886	9887	9888	9889	9890	9891	9892	9893	9894	9895	9896	9897	9898	9899	9900	9901	9902	9903	9904	9905	9906	9907	9908	9909	9910	9911	9912	9913	9914	9915	9916	9917	9918	9919	9920	9921	9922	9923	9924	9925	9926	9927	9928	9929	9930	9931	9932	9933	9934	9935	9936	9937	9938	9939	9940	9941	9942	9943	9944	9945	9946	9947	9948	9949	9950	9951	9952	9953	9954	9955	9956	9957	9958	9959	9960	9961	9962	9963	9964	9965	9966	9967	9968	9969	9970	9971	9972	9973	9974	9975	9976	9977	9978	9979	9980	9981	9982	9983	9984	9985	9986	9987	9988	9989	9990	9991	9992	9993	9994	9995	9996	9997	9998	9999

FIGURE 7

ILLUSTRATION DE CETTE ETUDE

Nous étudierons successivement : 1° la descendance d'une femelle bovine Normande qui nous permettra de mettre en évidence certains groupements alléliques B de cette race ; 2° le génotype d'un taureau charolais déterminé à l'aide de couples mère-produit de ce taureau ; 3° plusieurs exclusions de filiation effectuées deux fois à plusieurs mois d'intervalle.

1. — Etude d'une descendance.

Les antigènes du groupe B de 10 produits de la femelle normande *Légende* sont étudiés dans le tableau 3. Cinq taureaux réputés sont intervenus dont le génotype peut être précisé grâce aux descendants de *Légende* et compte tenu

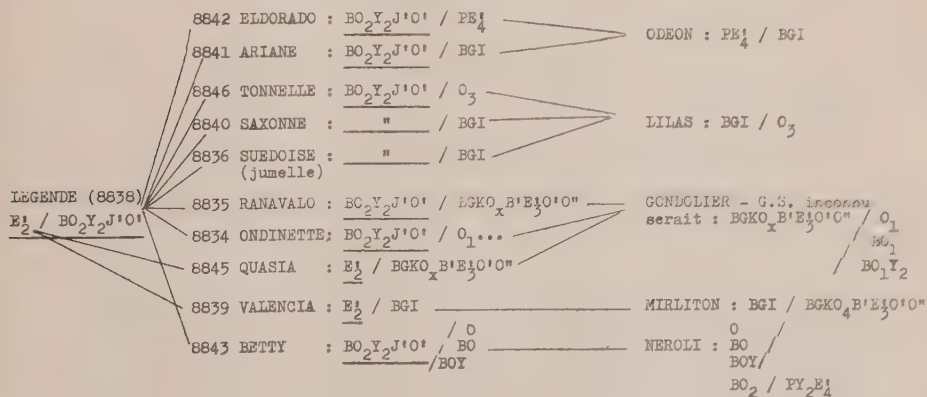


Tableau 3 - Descendance de LEGENDE (Herd Book Normand)

des allèles les plus fréquemment rencontrés dans la race. Les deux premiers produits reçoivent chacun un allèle différent du taureau *Odéon* et le même allèle : $BO_2Y_2J'O'$ de *Légende* qui est ainsi précisé. A remarquer que cet allèle est transmis à la plupart des produits (8 sur 10) tandis que deux seulement héritent E'_2 . Les allèles d'*Odéon*, *Lilas*, *Mirliton* sont alors aisément déterminés, les groupements BGI et BGKOxB'E'₃O'O'' étant très fréquents en race Normande. Ce dernier allèle existe certainement chez *Gondolier* qui n'a pas pu être examiné, tandis que le deuxième allèle de cet animal pourrait être O_1 , BO_1 ou BO_1Y_2 . Pour *Nérolis*, son produit présentant un facteur O plus fort que celui de sa mère, on peut penser également qu'il transmet O, BO ou BOY, ce qui ne peut être précisé, ces antigènes étant également transmis par *Légende*. L'étude de plus de 10 descendants de *Nérolis* révélera par la suite que l'allèle transmis est BO_2 , l'autre allèle du taureau étant $PY_2E'_4$.

On voit que l'étude d'une telle famille révèle les génotypes et est très éclairante pour les contrôles de filiation ultérieurs relatifs aux parents ou aux produits.

II. — Détermination a posteriori du génotype du taureau Panama dont le groupe a été déterminé anciennement (le 14-4-1959).

A l'époque, le phénotype sanguin de *Panama*, déterminé à partir de 28 anticorps, était le suivant :

A — $BO_3PYE'I'A''$ — CWX_2 — F — U_1 — Z

En mars 1963, c'est-à-dire près de quatre ans après, en étudiant à l'aide d'un total de 55 anticorps le phénotype sanguin de quatre produits de *Panama* et de leur mère, on précisera le groupe complet et le génotype du taureau. Dans le tableau 4, les antigènes des produits provenant du père sont en caractères gras et groupés par locus. Nous savons qu'à un locus donné, ces caractères sont liés et caractérisent l'allèle paternel.

Locus	A	B	C	FV	J	L	S	Z
Mère 1 Produit 1	A	O'O" BO ₃ Y ₂ E'A'A'G'	C ₃ C ₂ WX ₂	FV FV			U ₁ S''H' U ₁ S''H'	Z
Mère 2 Produit 2	AZ' AZ'	O ₃ TA'E' ₂ I' ₂ E''O'O" PE'4I' ₂ E''O'O"	C ₁ WX ₁ C ₁ WX ₁	FV FF			U ₁ S''H' U ₁ S''H'	
Mère 3 Produit 3	AH'Z' AZ'	BO ₁ QTY ₂ E' ₁ K'O" BO ₃ Y ₂ A'A''E' ₂ G'	C ₃ WX ₂	FV FF	J		H' U ₁ S''H'	Z Z
Mère 4 Produit 4	AZ' AZ'	BO ₁ PY ₂ D'E' ₄ I' ₂ E" BO ₁ Y ₂ A'A''D'E' ₂ G'	C ₂ WX ₂ WX ₂	FF FF		L L	U ₁ S''H' U ₁ S''H'	
Mère 5 Produit 5	H A	G ₂ QTB'A" BO ₃ Y ₂ A'A''E' ₂ G'	C ₁ R C ₂	FV FV		L	U ₁ S''H' U ₁ S''H'	Z Z
Génotype de PANAMA	A/	BO ₃ Y ₂ A'A''E' ₂ G'/PE'4I' ₂ E"	WX ₂ /C ₂	F/F	—/—	—/—	U ₁ S''H'/	Z/—

TABLEAU 4. — Génotype du taureau Panama

PREMIER COUPLE MÈRE-PRODUIT

L'allèle $BO_3Y_2A'A''E'_2G'$ qui est commun en race Charolaise provient de *Panama*, de même A, WX_2 et Z. $O'O''$ de la mère est absent chez le produit. Celle-ci a donc transmis un allèle négatif au locus B, comme elle l'a fait aux locus A et Z.

DEUXIÈME COUPLE MÈRE-PRODUIT

L'étude sérologique montre que le facteur I' du produit est plus fort que celui de la mère ; le père a donc certainement transmis ce facteur. P et I' venant du père, le second allèle de *Panama* serait $PE'_4I'_2E''$ qui est assez fréquent en race Charolaise. De même, $O'O''$ qui vient de la mère est connu en tant qu'allèle. L'autre allèle de la mère comprend donc tous les autres facteurs de cette femelle : $O_3TA'E'_2I'_2E''$ plus O'' qui est très fort et existe probablement dans les deux allèles de la mère. Ce deuxième couple ne nous apprend rien pour le locus C ni pour le locus S ; il est évident qu'au locus FV un des deux allèles F provient du père.

TROISIÈME COUPLE MÈRE-PRODUIT

On reconnaît chez la mère l'allèle $BO_1QTE'K'O''$ qui est parfois rencontré en race Charolaise. La mère passe peut-être au jeune Y_2 dont la réaction est forte et qui pourrait être transmis par les deux parents. C'est en tout cas le premier allèle du père qui passe chez le produit. On le reconnaît par la présence de $A'A''$ et G' . Au locus C, WX_2 est transmis seul et constitue bien un des allèles C du tau-reau. Ce couple nous montre de plus un allèle U_1S'' H' fréquent chez les Charolais au locus S, transmis par le père.

QUATRIÈME COUPLE MÈRE-PRODUIT

On retrouve chez le produit le premier allèle du père $BO_3Y_2A'A''E'_2G'$. L'allèle de la mère qui passe chez le produit est BO_1Y_2D' existant dans la plupart des races. L'autre allèle non transmis est $PE'_4I'_2E''$, identique à l'allèle du taureau non transmis.

CINQUIÈME COUPLE MÈRE-PRODUIT

C'est encore le même allèle du taureau qui est transmis au locus B. Au locus A, cet antigène est un des allèles, ce qui confirme l'observation relative au couple I. Au locus C, on rencontre C_2 seul chez le produit. Cet antigène faible est peut-être masqué chez la mère par C_1 et provient peut-être d'elle, mais on peut conclure que le deuxième allèle du taureau au locus C est C_2 ou —.

DISCUSSION

Le génotype du taureau *Panama* est élucidé presque complètement (dernière ligne du tableau) grâce à l'examen des cinq couples mère-produit ci-dessus. On remarque qu'un des allèles du taureau au locus B est transmis quatre fois, tandis que l'autre n'est transmis qu'une fois. Par ailleurs, le génotype aux locus A, C et S est plus difficile à déterminer en raison de la grande fréquence de certains antigènes, notamment du groupement $U_1S''H'$ au locus S. Au locus Z, le caractère Z du taureau n'est pas transmis à tous les produits. Il est donc chez le père à l'état hétérozygote.

Les génotypes au locus B peuvent être établis ainsi qu'il suit, compte tenu des groupements génétiques reconnus dans la race (*tableau 5*).

Au total, le groupe de *Panama* antérieurement établi est complété grâce à la connaissance des antigènes A', G',

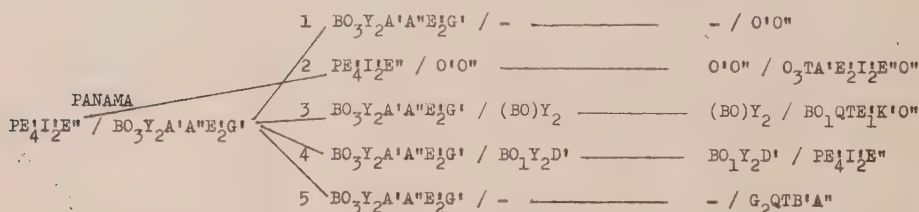


Tableau 5 - Génotype au locus B de la descendance de PANAMA

H', E'', S'', et surtout précisé grâce à l'établissement du génotype qui permettra de faire ultérieurement des contrôles de filiation plus précis, donc plus valables.

III. — Exclusions de filiation en race charolaise.

Nous reproduisons (tableau 6) l'exemple d'un contrôle de filiation effectué une première fois en mars 1963 en race Charolaise à la demande du Herd Book, et fait une seconde fois, après contestation de l'éleveur, à partir de nouveaux prélèvements obtenus en octobre de la même année. Les quatre filiations se révèlent fausses à l'examen des groupes sanguins (1).

On touche du doigt la valeur et la fidélité de la méthode. En effet :

1° les divergences après huit mois, en proportion de 2 % environ, sont soit insignifiantes (portant sur des sous-groupes), soit occasionnées par la faiblesse de certains anticorps (anti-J naturel, anti-O'') ou antigènes (dans le cas de H notamment, la réaction reste toujours partielle et

(1) Le cas de quatre filiations fausses chez un même éleveur n'est pas fréquent et n'est nullement particulier à la race Charolaise.

Nom Animal	Date examens successifs	A	H	Z	B	G	I	E	K	O	P	H	Q	T	Y	A	A'	B	D	E	W	I	G	J	K	O	Y'	N	O	C	R	W	X	L	P	V	J	L	M	S	H	U	U'	J	Z					
RAPHAËL	29/3/63	A ₁	H	-	B	-	-	-	O ₃	-	-	-	-	-	-	Y ₂	A ^u	A'	-	E ₂	O ₀	-	O ₀	-	-	-	-	-	-	-	-	O ₁	-	W	-	L	P	-	-	-	-	S	H	U	-	J ^u	Z			
	31/10/63	A ₁	H	-	B	-	-	-	O ₃	-	-	-	-	-	-	Y ₁	A ^u	A'	-	E ₂	O ₀	-	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O ₁	-	W	-	L	P	-	-	-	-	S	H	U	-	J ^u	Z		
QUITTANCE	28/3/63	A ₁	H	-	B	-	-	-	O ₃	P	H	-	-	-	-	Y ₂	A ^u	(A')	-	E ₂	W	I	O ₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	(O ^u)	C ₁	-	W	-	-	F	V ₁	-	L	-	-	H	U	-	J ^u	Z	
	31/10/63	A ₁	H ₁	-	B	-	-	-	O ₃	P	O ₀	-	-	-	-	Y ₁	A ^u	A'	-	E ₂	O ₀	I	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	◇	C ₁	-	W	-	-	F	V ₁	-	L	-	-	H	U	-	J ^u	Z	
TROMPETTE	28/3/63	A ₁	H	-	B	-	-	-	Q ₂	-	H	-	-	-	-	Y ₂	-	-	-	D ₁	-	-	O ₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C ₁	-	W	-	L	P	V ₁	-	-	S	H	U	-	J ^u	-		
	31/10/63	A ₁	H ₁	-	B	-	-	-	Q ₂	-	O ₀	-	-	-	-	Y ₂	-	-	-	D ₁	-	-	O ₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C ₁	-	W	-	L	P	V ₁	◇	-	S	H	U	-	J ^u	-	
MAÏADE	28/3/63	A ₁	H	-	-	G	-	-	O ₃	-	-	Q ₁	T	-	-	-	A'	B	-	-	-	-	O ₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O ^u	C ₁	-	W	X	-	P	-	-	-	H	U	-	-	Z			
	31/10/63	A ₁	H	-	-	G	-	-	O ₄	-	-	O ₀	Q	T	-	-	A'	B	-	-	-	-	O ₀	I	-	-	-	-	-	-	-	-	O ^u	C ₁	-	W	X ₃	-	P	-	◇	-	H	U	-	-	Z			
TROTTREUSE	28/3/63	A ₁	-	-	B	G	-	-	O ₁	-	H	-	-	-	-	Y ₂	A ^u	(A')	-	E ₃	W	-	O ₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C ₁	-	W	-	-	F	V ₁	-	-	-	H	U	-	J ^u	-		
	31/10/63	A ₁	◇	-	B	G	-	-	Q ₁	-	O ₀	-	-	-	-	Y ₁	A ^u	A'	-	E ₃	O ₀	-	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C ₁	-	W	-	-	F	V ₁	-	-	-	H	U	-	J ^u	-	
REVEILLEE	28/3/63	A ₁	-	-	B	-	I	E	-	-	P	H	Q	-	-	-	-	-	-	E ₄	-	-	O ₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C ₁	R	W	-	-	P	V ₁	-	L	-	-	H	U	-	J ^u	-	
	31/10/63	A ₁	-	-	B	-	I	E	-	-	P	O	Q	-	-	-	-	-	-	E ₄	O ₀	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	C ₁	R	W	-	-	P	V ₁	-	L	-	-	H	U	-	J ^u	-	
TROTTINETTE	28/3/63	A ₁	H	-	-	◇	-	-	O ₁	P	H	-	-	-	-	Y ₂	-	-	-	E ₄	-	I	O ₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	W	-	-	F	V ₁	-	-	-	H	U	-	-	Z			
	31/10/63	A ₁	◇	-	-	◇	-	-	O ₁	P	O ₀	-	-	-	-	Y ₂	-	-	-	E ₄	O ₀	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	W	-	-	F	V ₁	-	-	-	H	U	-	-	Z			
QUESTION	28/3/63	-	-	-	-	◇	-	-	-	-	H	Q	T	-	-	A	-	B	-	-	-	-	O ₀	-	O	-	-	-	-	-	-	-	O ^u	C ₂	-	W	X	L	-	V ₁	-	L	-	S	H	U	-	J ^u	Z	
TRAFU	28/3/63	A ₁	-	-	B	-	I	E	-	O ₃	-	O ₀	Q	-	-	Y ₂	A ^u	A'	-	E ₂	O ₀	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	O ^u	C ₁	-	W	-	O ₀	F	V ₁	-	L	-	-	H	U	-	J ^u	-
	31/10/63	A ₁	-	-	B	-	I	E	-	O ₃	-	O ₀	Q	-	-	Y ₂	A ^u	A'	-	E ₂	O ₀	-	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	◇	C ₁	-	W	-	L	P	V ₁	◇	-	-	H	U	-	J ^u	-

OO : non testé
W : cet antigène s'est révélé analogue à G'
◇ : différence d'un examen à l'autre
◇ : incompatibilité

Tableau 6 -- Exclusions de filiation en race Charolaise

médiocre, quelle que soit la valeur du sérum). A noter qu'aucune de ces différences n'intervient dans les exclusions ;

2° au contraire, les incompatibilités, au nombre de plusieurs par produit, sont toutes retrouvées ; une est à signaler en plus, le facteur J de *Trompette*, non sorti le 28/3 ; il y a donc une troisième raison d'exclure cet animal. (Il n'est pas tenu compte du caractère J de *Trapu*, car le groupe sanguin de sa mère, *Question*, n'a pas pu être refait, l'animal étant mort).

Le génotype au locus B met bien en évidence une incompatibilité pour tous les produits fondée sur la connaissance des allèles (tableau 7).

	TROTTINETTE		REVEILLEE
	$\frac{GO_1Y_2}{PI_2E_1} / \frac{PI_2E_1}{PI_2E_1}$	—————	$\frac{PI_2E_1}{PI_2E_1} / \frac{BI_2E_1}{BI_2E_1}$
	TROMPETTE		QUITTANCE
	$- / \frac{BO_2Y_2D_1}{BO_2Y_2D_1}$		$\frac{BO_3Y_2A_1A''E_1G_1}{PI_2E_1} / \frac{PI_2E_1}{PI_2E_1}$
RAPHAËL	TROTTEUSE		NAÏADE
$\frac{BO_3Y_2A_1A''E_1G_1}{BO_3Y_2A_1A''E_1G_1}$	$\frac{BO_3Y_2A_1A''E_1G_1}{BO_3Y_2A_1A''E_1G_1} / \frac{GO_1Y_2}{GO_1Y_2}$		$\frac{GO_3QTA_1B_1O''}{GO_3QTA_1B_1O''}$ (génotype non précisé)
	TRAPU		QUESTION
	$\frac{BO_3Y_2A_1A''E_1G_1}{BO_3Y_2A_1A''E_1G_1} / \frac{BI_2E_1}{BI_2E_1}$		$\frac{QTB_1A''}{QTB_1A''} / \frac{O_1O''}{O_1O''}$

Tableau 7 — Génotype au locus B des produits présumés de RAPHAËL

Nous avons étudié, sous la direction de P. Millot, les échanges possibles entre produits et mères proposés et nous avons fait les observations suivantes à propos des différents produits :

— *Trottinette* ne peut recevoir GO_1Y_2 de *Réveillée*, *Question* ou *Quittance*. Elle pourrait à la rigueur recevoir GO de *Naïade*, mais il y a incompatibilité absolue sur V qui ne peut provenir d'aucun des deux parents et incompatibilité pour le sous-groupe O retrouvée au deuxième examen, ce caractère constituant à lui seul une présomption d'incompatibilité s'ajoutant à l'exclusion sur V.

— *Trompette* : aucune femelle proposée ne peut avoir donné BO_2Y_2D' . On relève de plus une incompatibilité J avec *Réveillée* et V avec *Naïade*.

— *Trotteuse* : aucune femelle ne peut apporter GO_1Y . *Naïade* serait la plus proche par son groupe B, mais il y a incompatibilité mineure sur le sous-groupe O et surtout une incompatibilité absolue au locus FV (caractère V).

— *Trapu* : BIE''_1Q pourrait provenir de *Réveillée*, mais cette hypothèse est exclue, car il y a incompatibilité sur J. On relève d'autre part les incompatibilités J avec *Quittance* et V, L avec *Naïade*.

Aucun des quatre produits ne peut donc avoir pour parents *Raphaël* et une quelconque des quatre vaches.

En conclusion : *Trotteuse* est probablement de *Raphaël* (allèle $BO_3YA'A''E'_2G'$ comprenant un caractère Y de même valeur) avec une mère inconnue x. *Trapu* et *Trompette* peuvent être de *Raphaël* avec des mères inconnues y et z ? mais rien n'est prouvé. *Trottinette* n'est sûrement pas de *Raphël*, tandis que *Réveillée* peut être sa mère.

CONCLUSIONS

Nous avons étudié quelques applications actuelles des groupes sanguins bovins. Ceux-ci sont surtout centrés sur les contrôles de filiation qui ont atteint dans cette espèce une très grande précision grâce à la fois au nombre d'antigènes déterminés (environ 60 si l'on tient compte des sous-groupes) et à notre connaissance génétique de la transmission des différents facteurs sanguins. Nous avons vu que les antigènes connus se répartissent en neuf locus, le plus important étant de beaucoup le locus B. Il n'est pas sans intérêt de souligner que celui-ci est considérablement différencié génétiquement puisque la moitié environ des antigènes couramment déterminés s'y rattache.

Mais l'application des groupes sanguins bovins aux généalogies, qui est actuellement la plus importante, ne doit pas faire oublier les autres applications des groupes sanguins et surtout les applications d'avenir qui demanderont encore plusieurs dizaines d'années de recherches mais seront peut-être à l'origine de progrès considérables pour l'Élevage. En effet, si, du point de vue de la pratique transfusionnelle, les groupes sanguins n'ont pas chez l'animal l'importance qu'ils ont chez l'homme, il n'en est pas de même du point de vue génétique et plus précisément de cette branche de la zootechnie qui vise à l'amélioration par sélection des productions animales. Dans ce domaine, les groupes sanguins sont appelés à un grand avenir, car ils constituent des caractères génétiques à la fois simples et très nuancés, tels qu'en peut souhaiter le généticien. Déjà ils ont permis l'étude analytique d'un grand nombre de races bovines. On peut de plus préciser par leur moyen le

degré de consanguinité des animaux d'une lignée ou d'une race, établir des coefficients de parenté de populations bovines avec tel ou tel géniteur d'un centre d'insémination artificielle, suivre l'évolution dans le temps de la structure génétique des lignées ou des races, étudier les origines des races actuelles. Ces résultats sont loin d'être négligeables.

Si la recherche des liaisons entre caractères sanguins et caractères zootechniques s'est montrée décevante de prime abord, on peut reconnaître cependant avec P. Millot, qui est le promoteur de la méthode dans notre pays, que les premières études dans ce domaine, auxquelles nous avons fait allusion, sont encourageantes et ne sont qu'un début. Le jour n'est peut-être pas très éloigné où une certaine sélection de géniteurs pour l'amélioration de tel ou tel caractère, pourra être faite au moyen des groupes sanguins ; mais un grand nombre de données doivent être réunies pour mettre en relief les corrélations qui peuvent exister et les rendre utilisables.

Nous remarquerons en terminant que la notion de groupe sanguin tend d'ailleurs à s'élargir et à comprendre aujourd'hui les groupes d'hémoglobines et les groupes de protéines sériques héréditairement transmises. Il faut citer ici les transferrines décelées par électrophorèse en gel d'amidon et déterminant un nouveau locus de groupe sanguin chez les bovins. Celles-ci sont d'ailleurs déjà utilisées dans certains laboratoires pour les contrôles de filiation. Il faudrait citer encore certains caractères biochimiques comme la concentration du potassium sanguin globulaire ou sérique qui a permis à Evans de définir chez le mouton des groupes particuliers.

Ainsi, la notion de groupe sanguin apparaît de plus en plus variée et relative à tel ou tel caractère isolé de différenciation sanguine, tandis que l'ensemble des caractères

étudiés, en nombre croissant, concourra à définir de façon de plus en plus parfaite l'individualité biologique et permettra d'intéressantes applications dont beaucoup sont encore imprévues.

Vu : LE PROFESSEUR RESPONSABLE
DE L'ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE,
COTTEREAU.

Vu : LE DIRECTEUR
DE L'ECOLE NATIONALE VÉTÉRINAIRE,
FLORIO.

Vu :
LE DOYEN
DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE,
J.-F. CIER

Vu :
LE PRÉSIDENT DE LA THÈSE,
BERTOYE.
PROFESSEUR
DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE.

Vu et permis d'imprimer : Lyon, le 22 Avril 1964.

LE RECTEUR, PRÉSIDENT DU CONSEIL DE L'UNIVERSITÉ
P. LOUIS

BIBLIOGRAPHIE

- ALLEN F.H. Jr., DIAMOND L.K. et NIEDZIELA B. — 1951. A new blood group antigen. *Nature* (167), 482.
- ANDERSEN T. — 1938. Untersuchungen über die Blutgruppeneigenschaften der schafe. *Zeitschr. Rassenphysiol.* (10), 88-103.
- ANDRESEN E. — 1961. Blood groups in pigs. *Ann. N. Y. Acad. Sc.* (97), 205-225.
- ANDRESEN E. — 1955. Svinets blodtyper. *Ugeskrift Landmaend*, (100), 555, 561.
- ANDRESEN E. — 1957. Investigations on blood groups of the pig. *Nord veterinärned*, 9, 274-284.
- ANDRESEN E. — 1960. A study of blood group of the pig. Treatise submitted May 60. The royal Veterinary and Agricultural College, Copenhagen, Denmark.
- ANDRESEN J.H. — 1948. The blood group system L. A new blood group Lr. A case of epistasy within the blood groups. *Acta Path. Microb. Scand.* (25), 728.
- BEDNEKOFF A.G., STONE W.H., IRWIN M.R. and LINK K.P. — 1958. Chemical studies on the J substance of cattle serum. X° Inter. Cong. Genet. Proceed. Vol. II.
- BEDNEKOFF A.G., DATTA S.P. and STONE H. — 1962. The J substance of cattle VII. Production of immune anti-J in rabbits. *J. Immunol.*, 89, n° 3, 408-413.
- BERNSTEIN F. — 1925. Zusammenfassende Betrachtungen über die erblichen Blutstrukturen des Menschen. *Ztschr. ind. Abstamm, u. Vererb.* (37), 237-270.
- BIALOSUKNIA W. et KACZOWSKI B. — 1924. Recherches sur les groupes sérologiques chez les moutons. *C.R. Soc. Biol.* (90), 1196-1198.
- BIALOSUKNIA W. et KACZOWSKI B. — 1924. On the differentiation of the various breeds of sheep by means of serological methods. *J. Immunol.* (9), 593-601.
- BORDET J. — 1898. Sur l'agglutination et la dissolution des globules rouges par le sérum d'animaux injectés de sang défibriné. *Ann. Inst. Pasteur*, 12, 688-695.

- BOUQUET Y. — 1959. L'immunogénétique des groupes sanguins chez les bovins. *Ann. Méd. Vét.*, fasc. VI, 329-368.
- BOUW J. — 1958. Bloodgroup studies in Dutch cattle breeds. Ed. H. Veenman et Zonen, Wageningen.
- BOUW J. — 1960. The genetical composition of the Dutch cattle breeds as determined by the frequencies of blood-groups. Band. (74), heft 3, 248-266.
- BRAEND M. — 1955. The use of blood groups in bovine disputed parentage cases. *The Cornell Veter.*, vol. XLVI, n° 1, 83-87.
- BRAEND M. — 1959. Blood groups of cattle in Norway. Skand. Bladforlag.
- BREBANT P. — 1932. L'iso-agglutination chez les animaux. Recherches expérimentales dans l'espèce ovine. *Thèse vét., Paris*.
- BUSCHMANN H. — 1962. Blutgruppengenetische untersuchungen an süddentschen Rinderrassen. *Z. Tiersz. Zucht. Biol.*, (78), 12-25.
- CALLENDER S. and RACE R.R. — 1946. A Serological and Genetical study of multiple antibodies formed in response to blood transfusion by a patient with lupus erythematosus diffusus. *Ann. Eugen.*, (13), 102-117.
- CHARY R. — 1950. Contribution à l'étude des groupes d'iso-agglutination chez le cheval. *Rec. Méd. Vétér., Alfort*, (126), 226-238.
- CONNELLY P.M., PATEL J.R., MORTON N.E. and STONE W.H. — 1962. The J substance of cattle. VI. Multiple alleles of the J locus. *Genetics*, 47, n° 7, 797-805.
- COOMBS R., MOURANT A.E. and RACE R. — 1946. In vivo isosensitization of red cells in babies with haemolytic disease. *Lancet*, (i), 264-266.
- CUTBUSH M., MOLLISON P.L., PARKIN D. — 1950. A new human blood group. *Nature*, (165), 188-189.
- DUJARRIC DE LA RIVIÈRE R. et EYQUEM A. — 1952. Groupes sanguins des animaux. Groupes sanguins des bovidés. *Rev. Méd. Vét. Ec. Alfort*, (128), 405-415.
- DUJARRIC DE LA RIVIÈRE R. et EYQUEM A. — 1953. Les groupes sanguins chez les animaux. 1 vol., Flammarion, 407 p.
- DUJARRIC DE LA RIVIÈRE R., EYQUEM A. et MILLOT P. — 1952. Contribution à l'étude des groupes sanguins des moutons. *Ann. Inst. Pasteur*, (83), 576.

- DUJARRIC DE LA RIVIÈRE R. et KOSSOVITCH N. — 1927. Sur les groupes sanguins des chevaux. *C.R. Soc. Biol.*, (97), 373-376.
- DUJARRIC DE LA RIVIÈRE R. et KOSSOVITCH N. — 1930. Recherches sur les groupes sanguins. *Ann. Inst. Pasteur*, (45), 107-153.
- DUJARRIC DE LA RIVIÈRE R., MILLOT P. et EYQUEM A. — 1952. Les groupes sanguins des moutons. *C.R. Acad. Sc.*, (234), 1714.
- DUNGERN (Von) E. et HIRSFELD L. — 1911. Über gruppenspezifische Strukturen des Blutes. *Z. Immunf.*, (8), 526-562.
- EVANS J.V., HARRIS H. and WARREN F.L. — 1958. Haemoglobin and potassium blood types in some non British breeds of sheep and in certain rare British breeds. *Nature*, (182), 320-321.
- EYQUEM A. et MILLOT P. — 1954. Les groupes sanguins des chèvres. *C.R. Soc. Biol.*, (148), 1224.
- EYQUEM A., PODLIACHOUK (Mme) L., et MILLOT P. — 1956. Les groupes sanguins des animaux domestiques et leur intérêt pour l'élevage. 7^e Cong. Intern. Zootech., Madrid.
- EYQUEM A., PODLIACHOUK (Mme) L. et MILLOT P. — 1962. Blood groups in chimpanzees, horses, sheeps, pigs and other mammals. *An. N. Y. Acad. Sci.*, (97), 320-328.
- FERGUSON L.C. — 1941. Heritable antigens in the erythrocytes of cattle. *J. Immunol.*, (40), 213-242.
- FERGUSON L.C., STORMONT C. and IRWIN M.R. — 1942. On additional antigens in the erythrocytes of cattle. *J. Immunol.*, (44), 147-164.
- FISHBEIN M. — 1913. Isoagglutination in man and lower animals. *J. Inf. Dis.*, (12), 133-139.
- FORSCHNER E. — 1955. — Über die gewinnung wirksamer Testseren für die Blutgruppen bestimmung beim Rind. *Ztsch. f. Tiersucht. u. Zücht. Biol.*, (64), 163-174.
- GILBEY B.E. — 1947. A new blood group antigen (Jobbins). *Nature*, (160), 362.
- GRAYDON J.J. — 1946. A rare iso-haemagglutinin med. *J. Austral.*, (2), 9.
- GROSCLAUDE F. — 1962. Que peut-on attendre de l'étude des groupes sanguins chez les bovins ? *Revue de l'Elevage*, octobre 1962, 889-897.

- GROSCLAUDE F. et MILLOT P. — 1962. Contribution à l'étude des groupes sanguins de la race bovine Montbéliarde. *Ann. Biol. Anim. Bioch. Biophys.*, (2), 185-208.
- HIRSZFELD L. et PRESMYCKY F. — 1923. De l'iso-agglutination des globules rouges chez les chevaux. *C.R. Soc. Biol.*, 89, 1360-1361.
- HOFE F.W. — Untersuchungen über die Blutgruppen des Pferdes. *Arch. f. Tierheilkde*, (68), 371.
- KACZMAREK A., PODLIACHOUK (Mme) L., MILLOT P. et EYQUEM A. — 1961. Groupes sanguins des porcs. *Ann. Inst. Pasteur*, (101), 96-103.
- KLEIN A. — 1902. Beiträge zur Kenntnis der Agglutination rother Blutkörperchen. *Wien. Klin. Wschr.*, (15), 413-418.
- LANDOIS L. — 1875. Beiträge zur Transfusion des Blutes. F.W. Vogel, Leipzig.
- LANDSTEINER K. — 1900. Zur Kenntnis der antifermentativen lytischen und agglutinierenden den Wirkungen des Blutserums. *Zentralbl. f. Bakt. u. Parasit. k.*, (27), 357-362.
- LANDSTEINER K. and LEVINE P. — 1927. A new agglutinable factor differentiating individual human bloods. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, (24), 600-602.
- LANDSTEINER K. and LEVINE P. — 1928. On individual differences in human blood. *J. Exp. Med.*, (47), 757-775.
- LANDSTEINER K. and WIENER A.S. — 1940. An agglutinable factor in human blood recognized by immune sera for rhesus blood. *Proc. Soc. Exp. Biol. N. Y.*, (43), 223.
- LANDSTEINER K. and WIENER A.S. — 1941. Studies on an agglutininogen (Rh) in human blood reacting with anti-rhesus sera and with human iso-anti-bodies. *J. Exp. Med.*, (74), 309-320.
- LEHNERT E. — 1950. Die Blutgruppen des Pferdes. *Vet. Arch. Zagreb.*, (20), 10, 357-369.
- LEVINE P. — 1949. The Rh factor, general significance and methods of study. *Bull. N. Y. Acad. Sc.*, (25), 244.
- LEVINE P., ROBINSON, ELIZABETH A., LAYRISSE M., ARENDS T. and DOMINQUEZ SISCO R. — 1956. The Diego blood factor. *Nature*, (177), 40.
- LEVINE P., BACKER M., WIGOD M., PONDER R. — 1949. A new human heredity blood property (Cellano) present in 99,8 % of all bloods. *Science*, 109, 464-466.

- LITTLE R.B. — 1929. Isoagglutinines in the blood of cattle. *J. Immun.*, (17), 377-419.
- MILLOT P. — 1963. Les groupes sanguins chez les bovins. *Transfusion*, T. VI, n° 3.
- MILLOT P. — 1959. Les groupes sanguins des bovidés et leur intérêt pour l'élevage. *B.T.I.*, n° 145, nov.-déc.
- MILLOT P. — 1959. Les groupes sanguins des bovidés et leurs applications à l'élevage. *Revue de l'Elevage*, déc. 1959, janv. 1960.
- MILLOT P. — 1958. Les groupes sanguins chez les ongulés. *Mammalia*, (22), 58-68.
- MILLOT P. et GORIUS J. — 1950. Considérations sur la physiopathologie de l'ictère hémolytique du mulet. Rôle de l'allaitement. Importance du colostrum. *Rev. Path. comp. Hyg. gén.*, (50), 85-108.
- MILLOT P. et EYQUEM A. — 1955. Les groupes sanguins des moutons. *Rev. Path. gén. comp.*, (55), 1245-1259, 1393-1426.
- MILLOT P. et EYQUEM A. — 1956. Les groupes sanguins des moutons. *Rev. Path. gén. Physiol. Clin.*, (56), 41-65.
- MILLOT P. et EYQUEM A. — 1956. Individualisation de 10 antigènes érythrocytaires chez les chèvres au moyen d'iso-immunsérums de mouton. *An. Inst. Pasteur*, (90), 333-338.
- MOULLEC J. et FINE J.M. — 1959. Les groupes sériques humains. *Transfusion*, (2), 229-244.
- MOURANT A.E. — 1946. A new human blood group antigen of frequency occurrence. *Nature*, (158), 237.
- MULLER E. — 1960. Contribution à l'étude des groupes sanguins de la race Tachetée Rouge de Simmental. *Z. Tierz. Zücht. Biol.*, (74), 89-105.
- NEIMANN-SORENSEN A. — 1956. Blood groups and breed structure as exemplified by three danish breeds. *Acta Scandinav.*, (2), 115-137.
- NEIMANN-SORENSEN A. — 1956. Investigations of the B-blood group alleles in 3 danish breeds of cattle. *R.V. et Agric. College Copenhagen*, 49-63.
- NEIMANN-SORENSEN A. — 1958. Blood groups of cattle. Ed. A/S Carl Fr. Mortensen Kobenhavn.
- NEIMANN-SORENSEN A., HAVSKOV SORENSEN P., ANDRESEN E. and MOUSTGAARD J. — 1956. Danish investigations on blood groups of cattle and pigs. VII^e Cong. Anim. Husb., Madrid.

- NEIMANN-SORENSEN A., RENDEL J. and STONE H. — 1954. The J substance of the cattle. II. A comparison of normal antibodies and antigens in sheep, cattle and man. *J. Immunol.*, (73, n° 6, 407-414.
- NIKOLAJCZUK (Mme) M., COQUELET (Mlle), EYQUEM A. et de TRAVERSE P.M. — 1962. Etude des hémoglobines des bovidés à l'aide de l'électrophorèse sur papier de la chromatographie et de la dénaturation alcaline. *An. Institut Pasteur*, 103-421.
- OTTENBERG R. and FRIEDMAN S. — 1911. The occurrence of grouped isoagglutination in the lower animals. *J. Exp. Med.*, (13), 531-535.
- OWEN R.D., STORMONT C. and IRWIN M.R. — 1958. Studies on blood groups in the american bison (Buffalo). *Evolution*, XII, n° 1, 102-110.
- PANISSET L. et VERGE J. — 1922. Sur l'existence des groupes sanguins chez les animaux. *C.R. Soc. Biol.*, (87), 870.
- PODLIACHOUK (Mme) L. — 1957. Les antigènes de groupes sanguins des Equidés et leur transmission héréditaire. *Thèse Fac. Sc. Paris*.
- PODLIACHOUK (Mme) L. — 1958. Les groupes sanguins des équidés (cheval, mulet, âne). *Ann. Inst. Pasteur*, (95), 7-22.
- PODLIACHOUK (Mme) L. et EYQUEM A. — 1952. Les groupes sanguins des Equidés. II. Les groupes sanguins des chevaux. *Ann. Inst. Pasteur*, (83), 405-407.
- RASMUSEN B.A. — 1961. Blood groups in sheep. *Ann. N. Y. Acad. Sc.*, (97), 1, 304-319.
- RENDEL J. — 1957. Blood groups of farm animals. *Anim. Breed. Abstr.*, (25), n° 3, 223-238.
- RENDEL J. — 1958. Studies of cattle blood groups, I. Production of cattle isoimmune sera and the inheritance of 4 antigenic factors. *Acta Agr. Scand.*, VIII, (1), 40-61.
- RENDEL J. — 1958. Studies of cattle blood groups, II. Parentage tests. *Acta Agr. Scand.*, VIII, (2).
- RENDEL J. — 1958. Studies of cattle blood groups, III. Blood grouping as a method of diagnostic the zygosity of twins. *Acta Agr. Scand.*, VIII, (2), 162-190.
- RENDEL J. — 1958. Studies of cattle blood groups, IV. Frequency of blood group genes in Swedish cattle breeds with special reference to breed structure. *Acta Agr. Scand.*, (3), 191-215.

- RENDEL J. — 1959. A study on relationships between blood groups and production characters in cattle. VI^e Intern. Blood group Cong. Munich, 8-23.
- RENDEL J. — 1961. Recent studies on relationships between blood groups and production characters in farm animals. *Zeit. f. Tierzücht. Zücht.*, (75), 2, 97-109.
- RENDEL J., TOLLE A., NEIMANN-SØRENSEN A. — 1957. Blutgruppenuntersuchungen beim Rind. *Ztschr. f. Tierzucht. u. Zücht. biol.*, (70), 21-28.
- RIDGWAY G.J. — 1961. Demonstration of blood groups in Trout and Salmon by Isoimmunization. *Ann. N. Y. Ac. Sci.*, (97), 1, 111-115.
- RUSCHER. — 1934. Die Blutgruppenbestimmung beim Pferde. *Z. f. Vet. Kde.*, (46), 388-397.
- SAISON R. — 1958. Report of a blood groups system in swine. *J. Immunol.*, (80), 463-467.
- SAISON R. and INGRAM D.G. — 1961. A report on blood groups in pigs. *Ann. N. Y. Acad. Sc.*, (97), 1, 226-234.
- SANDERS B.G. and WRIGHT J.E. — 1961. Immunogenetic studies in two trout species of the genus *Salmo*. *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, (97), 1, 116-130.
- SCHERMER S. — 1928. Über das Vorkommen Von Blutgruppen bei unseren Haustieren. *Dtsch. Tierärztl. Wehsh.*, (48), 797-802.
- SCHERMER S. — 1928. Untersuchungen über die Blutgruppen des Pferdes. *Z. ImmunForsch.*, 58, 130-142.
- SCHERMER S. — 1934-1935. Die Blutgruppen der Haustiere (Pferd, Rind, Schwein und Schaf). *Z. f. Rassenphysiologie*, (7), 33-42.
- SCHERMER S. et OTTE E. — 1953. Die Blutgruppen des Rindes. *Ztschr. f. imm. u. exp. ther.*, (110), 296-317.
- SEMLER. — 1927. Zur Frage der Blutgruppen bestimmung bei Pferden. *Z. f. Vet. Kde.*, (39), 321-332.
- STONE W.H. — 1962. The relation of human and cattle blood groups. *Transfusion (amer.)*, (2), 172-177.
- STONE W.H. and BECJSTROM J. — 1959. Immunogenetic studies of the J substance of cattle saliva. *Genetics*, (44), 539-540.
- STONE W.H. and IRWIN M.R. — 1954. The J substance of cattle, I. Developmental and immunogenetic studies. *J. Immunol.*, (73), n° 6, 397-406.

- STONE W.H. and IRWIN M.R. — 1958. Blood types of the progeny of a pair of cattle twins showing erythrocyte mosaicism. *Inter. Cong Gen. Proceed II*.
- STORMONT C. — 1951. An example of recessive blood group in sheep. *Genetics*, (36), 577.
- STORMONT C. — 1949. Acquisition of the J substance by the bovine erythrocyte. *Proceed. Nat. Acad. Sci.*, (35), n° 5, 232-235.
- STORMONT C. — 1950. Additional gene-controlled antigenic factors in the bovine erythrocyte. *Genetics*, (35), 76-94.
- STORMONT C. — 1952. The F, V. and Z systems of bovine blood groups. *Genetics*, (37), n° 1, 39-48.
- STORMONT C. — 1951. The increasing importance of blood groups in Livestock production. *Calif. Veterin.*, sept.-oct.
- STORMONT C. — 1954. Erythrocyte mosaicism in a heifer recorded as singleborn. *J. Anim. Sci.*, (13), n° 1, 94-98.
- STORMONT C. — 1955. Linked genes, pseudo-alleles and blood groups. *The Amer. Natural.*, mars-avril.
- STORMONT C. — 1962. Current status of blood groups in cattle. *An. N. Y. Acad. Sc.*, (97), 251-268.
- STORMONT C. — 1961. Further expansion of the A system of bovine blood groups. *Federation Proc.*, (20), 66 (abstract).
- STORMONT C., MILLER W.J. and SUZUKI Y. — 1960. The convergence of the A-H and D systems of bovine blood groups. 29^e Ann. Meet. Genetics Soc. Amer.
- STORMONT C., MILLER W.J. and SUZUKI Y. — 1961. The S system of bovine blood groups. *Genetics*, (46), 541-551.
- STORMONT C., MILLER W.J. and SUZUKI Y. — 1961. Blood groups and the taxonomic status of american buffalo and domestic cattle. *Evolution*, (15), n° 2, 196-208.
- STORMONT C., OWEN R.D. and IRWIN M.R. — 1951. The B and C systems of bovine blood groups. *Genetics*, (36), n° 2, 134-161.
- STORMONT C., WEIR W.C. and LANE L.L. — 1953. Erythrocyte mosaicism in a pair of sheep twins. *Science*, 118, n° 3075, 695-696.
- TODD C.H. and WHITE R.G. — 1910. On the haemolytic immune isolysis of the ox and their relation to the questions of individuality and blood relationship. *J. Hyg.*, (10), 185.

- TOLLE A. — 1959. Grundlagen und untersuchungsergebnisse von Beziehungen zwischen Blutgruppenfaktoren und färsenlaktation Züchtungskunde. Blutgruppenforschung bei Tieren. Intern. Wissensch. Arbeit, Munich.
- WESZECKY O. — 1920. Untersuchungen über die gruppenweise Hämagglutination beim Menschen. *Biochem Z.*, 107, 159-171.
- WIENER A.S. — 1939. Blood groups and blood transfusion. 1 vol., 2° ed., C.C. Thomas, Baltimore.
- WIENER A.S. — 1943. Genetic theory of the Rh blood types. *Pro. Soc. Exp. Biol. Med.*, (54), 316.
- WROBLEWSKI A. — 1959. Antigeny krwinkowe u trzody chlewnej. *Thesis Polish Academy of Science*, Warsaw, Poland.
- WROBLEWSKI A., PODLIACHOUK (Mme) L. et MILLOT P. — 1958. Recherche de substances de groupes sanguins dans le sérum et la salive des bovins. *An. Inst. Pasteur*, (94), 456-462.
- YCAS M.K.W. — 1949. Studies of the development of a normal antibody and of cellular antigens in the blood of sheep. *J. Immunol.*, (61), 327-347.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION	11
HISTORIQUE	13
Les groupes sanguins chez l'homme et les mammifères domestiques	13
GENERALITES - DEFINITION DES GROUPES SANGUINS	25
Nature des facteurs antigéniques	25
Immunisation - Antigène - Anticorps	26
Pouvoir antigène, affinité, spécificité	26
Les immunsérums - Leur obtention	28
Isolement des anticorps - Absorption d'un immun- sérum	29
Définition des groupes sanguins	31
ETUDE DES GROUPES SANGUINS DES BOVIDES	33
Les iso-sérums naturels	33
Les iso-immunsérums	34
Réaction sérologique d'hémolyse - Technique d'analyse	35
Les sous-groupes	35
Hérédité des différents antigènes bovins	36
APPLICATIONS PRATIQUES DE LA CONNAISSANCE DES GROUPES SANGUINS DES BOVIDES	43
Identification des bovins	43
Contrôle de filiation	46
Distinction des jumeaux	49

ILLUSTRATION DE CETTE ETUDE	53
Etude d'une descendance	53
Détermination <i>a posteriori</i> du génotype du taureau <i>Panama</i> dont le groupe a été déterminé ancien- nement	54
Exclusion de filiation en race charolaise	58
CONCLUSIONS	63
BIBLIOGRAPHIE	67

